



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
CENTRO POLITÉCNICO  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO**



**Variabilidade sazonal na colonização de organismos  
epilíticos em relação à profundidade no infralitoral do  
Estado do Paraná**

**Janaína de Araújo Bumbeer**

Curitiba

2010

**Janaína de Araújo Bumbeer**

**Variabilidade sazonal na colonização de organismos  
epilíticos em relação à profundidade no infralitoral do  
Estado do Paraná<sup>1</sup>**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-  
Graduação em Ecologia e Conservação, Setor  
de Ciências Biológicas da Universidade  
Federal do Paraná, como requisito parcial para  
obtenção do grau de Mestre em Ciências  
Biológicas – Ecologia e Conservação  
Orientador: Dr. Frederico Pereira Brandini  
Co-orientadora: Dra. Rosana Moreira da Rocha

Curitiba

2010

<sup>1</sup> Trabalho formatado para a revista Marine Ecology Progress Series

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se  
arrepende.”

(Leonardo da Vinci)

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por realizar Seus sonhos em minha vida.

Ao Prof. Dr. Frederico Pereira Brandini, o Fred, por ter acreditado em mim. Pelo profissionalismo e grande entusiasmo que certamente me incentivaram. Ah, e também pelos domingos de folga roubados.

À Prof. Dra. Rosana Moreira Rocha pela sua disponibilidade em sanar minhas inúmeras dúvidas, pelo seu acompanhamento crítico que contribuiu para a conclusão deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, pelo aprendizado e suporte dos professores, secretaria e coordenação.

Ao CEM, pela infra-estrutura para análise do material.

Ao Projeto REBIMAR, pelo financiamento e apoio logístico nas saídas de campo.

À equipe REBIMAR, em especial ao André Cattani, Felipe Daros, Leonardo Bueno e Mônica Simião, pelos mergulhos e ajuda na instalação dos experimentos, por estarem comigo mesmo durante as (inúmeras) frentes frias, sem vocês eu ainda estaria enrolada no primeiro varal.

À CAPES, pela bolsa de mestrado concedida durante todo o período do curso.

Ao Grupo de Física Marinha do CEM, em especial à Elaine Froes, pela ajuda com os dados pluviométricos.

Aos que, tão prontamente, ajudaram na identificação das espécies: sou grata à Nadia Bonnet pela identificação das ascídias, à Joseane Marques pelos moluscos, à Halina Heyse pelo auxílio com os briozoários, à Ana Rigo e Marcos Veiga pelas cracas, à Ana Carolina Cabral pela enorme ajuda com os hidrozoários, à Luciana Altvater pelos octocorais, e à Kalina Brauko, Verônica Oliveira e Heliatrice Hadlich pela identificação dos poliquetas. Valeu mesmo, sua contribuição foi imprescindível.

Aos companheiros de mestrado: Dani, Tata, Chuli, Isa, Peterson, Jozias, Brimo, Renato, Ricardo, Valduga e Tico. Agradeço pela ótima companhia durante estes dois anos, e fico lisongeadade de ter sido colega de profissionais como vocês. Tata, valeu pela paciência!

Aos meus amigos de Curitiba, Pontal e espalhados pelo mundo, que de certa forma me ajudaram tanto proporcionando momentos alegres quanto torcendo para que “o tempo não vire na próxima saída”, vocês sempre são essenciais.

À minha família, pelo apoio e incentivo que nunca falharam, vocês são meu ponto de partida em tudo que faço. Em especial à minha mãe, Maria, pela dedicação incomparável e amor incondicional.

Ao Rapha, por encarar tantos “programas de índio” passando dias inteiros me ajudando a montar os experimentos, pelo teu amor que faz tudo parecer mais fácil, e por estar sempre me lembrando que “no final tudo dá certo”.

Agradeço a todas as pessoas (que não foram poucas) que de alguma forma colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho, seja nas análises, dúvidas, com idéias e apoio moral, divido os créditos com todos vocês.

## Sumário

Agradecimentos.....	iv
Sumário.....	vi
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Introdução.....	1
Métodos.....	5
Área de estudo.....	5
Delineamento experimental e infra-estrutura logística.....	7
Procedimentos de laboratório.....	8
Análise dos dados.....	8
Resultados.....	10
Padrões sazonais de variação vertical do recrutamento.....	15
Hidrozoários.....	16
Briozoários.....	21
Cracas.....	24
Bivalves.....	25
Poliquetas.....	27
Grupos não dominantes.....	30
Discussão.....	32
Padrões sazonais de variação vertical do recrutamento.....	40
Hidrozoários.....	42
Briozoários.....	44
Cracas.....	45
Bivalves.....	46
Poliquetas.....	47
Grupos não dominantes.....	48
Referências Bibliográficas.....	52

**RESUMO:** A adição de novos indivíduos à comunidade é o resultado de uma relação multilinear entre diversos fatores físicos e biológicos, os quais determinam a dinâmica espaço-temporal das populações marinhas. O potencial de colonização e o desenvolvimento de comunidades incrustantes variam com o tempo e com a profundidade em função dos gradientes ambientais. Estudos com substratos artificiais são importantes para compreender a bioincrustação marinha, bem como os processos que controlam o desenvolvimento da comunidade epilítica. O objetivo do estudo foi descrever a colonização dos organismos sésseis em diferentes profundidades e em diferentes períodos sazonais. Placas de recrutamento foram submersas por aproximadamente três meses em 10 profundidades diferentes entre 8 e 17 metros durante a primavera, verão e outono. A porcentagem de cobertura dos organismos coloniais, densidade dos organismos solitários e riqueza foram determinados com quatro réplicas para cada profundidade. As 59 espécies encontradas pertenciam ao grupo dos antozoários (3), ascídias (5), bivalves (12), briozoários (11), cracas (7), entoproctas (3), gastrópodes (3), hidrozoários (8) e poliquetas (7). Mudanças sazonais da riqueza e abundância da comunidade foram bem evidentes, relacionadas principalmente à pluviosidade e drenagem continental que transportam larvas aumentando sua densidade na coluna de água do mar adjacente. Os diferentes padrões de distribuição vertical ao longo do ano são atribuídos em parte à estratificação da água nos períodos quentes, e sua mistura durante o outono. Fatores biológicos agem concomitantemente aos abióticos, pois a sensibilidade única de cada espécie para responder aos gradientes ambientais provocou a formação de padrões de distribuição específicos para cada organismo em cada período do ano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Epilítico · Substrato artificial · Zonação · Gradiente ambiental  
Bioincrustação · Plataforma Interna do Estado do Paraná

**ABSTRACT:** The addition of new individuals to the community is the result of a multilinear relationship between physical and biological factors, which determine marine community dynamics. The colonization potential and development of sessile invertebrates vary with time and depth responding to environmental gradients. Artificial substrates are employed as tools to better understand the biofouling and the processes that control the development of epilithic communities. The purpose of this study was to evaluate the colonization potential of sessile epilithic invertebrates in relation to depth and season. Recruitment plates were suspended for approximately three months at 10 different depths between 8 to 17 meters during spring, summer and autumn seasons. The abundance of colonial and solitary organisms respectively as percent cover and number of individuals per cm<sup>2</sup>, and total community richness were determined with four replicates for each depth. A total of 59 species were found throughout the seasonal cycle grouped into anthozoans (3), ascidians (5), barnacles (7), bivalves (12), bryozoans (11), entoproctas (3), gastropods (3), hydroids (8), and polychaetes (7). The community showed remarkable seasonal changes in richness and abundance, mainly related to the rainfall and continental runoff. The different vertical patterns throughout the year are also related to the water stratification during warm seasons, and water mixture during autumn season. Biological factors also influence the assemblage, since at species level a different sensitivity to the environmental gradients is able to produce different patterns of vertical distributions.

**KEY WORDS:** Epilithic · Artificial substrate · Zonation · Environmental gradients · Biofouling  
Inner Shelf off Paraná State



## INTRODUÇÃO

Os mecanismos de colonização e desenvolvimento de comunidades epilíticas influenciam diretamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas rochosos. O recrutamento, i.é. a adição de novos indivíduos à comunidade, é o resultado de uma relação multilinear entre diversos fatores físicos e biológicos, os quais determinam a dinâmica espaço-temporal das populações marinhas. O encontro ao acaso de um novo habitat de fixação depende inicialmente do transporte horizontal pela circulação provocada por ventos e marés, e secundariamente pela mobilidade induzida pelo comportamento geo- e fototrófico das larvas. Após a fixação larval, os fatores biológicos intra- e interespecíficos assumem o controle do desenvolvimento da população. A adaptação fisiológica às novas condições ambientais determina o sucesso do novo recruta e, em seguida, as interações tróficas e a competição por espaço determinam a estrutura e a dinâmica populacional dos invertebrados sésseis e vágeis que dominam a estrutura de comunidades epilíticas. A colonização (i.é., recrutamento + crescimento inicial) e as etapas iniciais do assentamento larval dependem dos gradientes ambientais, que determinam a zonação vertical de organismos sésseis, com cada espécie respondendo separadamente às condições ambientais mais adequadas para seu crescimento e sobrevivência (Segal & Castro 2000, Conceição et al. 2006).

Além dos gradientes espaciais, diferenças sazonais nas condições ambientais também afetam o recrutamento e, conseqüentemente, a variação da riqueza das espécies (Brown & Swearingen 1998, Watson & Baynes 2004). Concomitantemente às variáveis ambientais, as diferenças sazonais nas taxas de recrutamento são causadas pelas periodicidades sazonais na reprodução e pelo suprimento larval na coluna d'água. Mudanças sazonais na presença e abundância dos organismos também podem estar

relacionadas a fatores como temperatura, estresse mecânico, disponibilidade de alimento, salinidade, sedimentação e ritmos circanuais endógenos (Gili & Hughes 1995, Migotto 2001, Bavestrello et al. 2006). Mesmo em habitats não temperados, caracterizados por condições de temperatura constantes, ocorre sazonalidade no ciclo anual de organismos bentônicos (Bavestrello et al. 2006). Neste caso, a sazonalidade pode ser resultante da alternância entre estações secas e úmidas, afetando a disponibilidade de alimento e a turbidez (Di Camillo et al. 2008, Krohling & Zalmon 2008). Vários estudos têm demonstrado que as mudanças temporais na estrutura das comunidades epilíticas ao longo do ano são um importante regulador deste sistema (Zalmon et al. 1993, Coma et al. 2000, Migotto et al. 2001, Piazzzi et al. 2004, Balata et al. 2006).

A distribuição (= zonação) vertical de organismos é outra característica importante da estrutura espacial de ecossistemas rochosos marinhos (Witman & Dayton 2006), e é fortemente influenciada por fatores abióticos tais como luz, temperatura, salinidade e sedimentação (Mundy & Babcock 2000, Balata et al. 2006) e interações biológicas como predação e competição (Boaventura et al. 2002). A luz favorece o desenvolvimento de algas em níveis superiores da zona eufótica e inibe o recrutamento de larvas com fototaxia negativa (Saunders & Connel 2001). A sedimentação de material particulado afeta negativamente a colonização da maioria dos invertebrados sésseis junto ao fundo, onde o estresse ambiental causado pelo acúmulo de material particulado é maior, exceto no caso de algumas espécies tolerantes à sedimentação (Hunt & Shebling 1997). A distribuição vertical dos organismos tem sido documentada frequentemente (Nassar & Silva 1999, Mundy & Babcock 2000, Cole et al. 2005, Balata et al. 2006, Chaplygina 2006) e, apesar da recorrência de alguns padrões, a sensibilidade de cada espécie às condições ambientais produz padrões diferentes de zonação vertical.

Substratos artificiais são bastante utilizados em estudos ecológicos de comunidades incrustantes (Migotto et al. 2001). O uso de placas de recrutamento possibilita o controle das características físicas do substrato, como espaço disponível e inclinação (Walters & Wetthey 1986, Hay 1996). Também oferece a vantagem de eliminar a heterogeneidade do microhabitat, comum a substratos duros naturais, facilitando a coleta de dados quantitativos (Migotto et al. 2001, Watson & Barnes 2004) e possibilitando a análise mais detalhada da comunidade incrustante.

Os organismos epilíticos podem assumir diferentes papéis funcionais, agindo tanto como elos na teia trófica marinha, quanto como agentes estruturadores do ambiente (Krohling et al. 2006). A biomassa epibionte representa uma fonte direta de alimento, transferindo energia para outros níveis tróficos, representando assim um importante elo na teia trófica (Osman & Whitlatch 2004). A complexidade estrutural fornecida pelas espécies engenheiras transforma o ambiente, promovendo a formação de novos habitats para outras espécies, favorecendo seu recrutamento (Castilla & Cerda 2004, Krohling et al. 2006).

A ecologia dos organismos incrustantes tem sido estudada principalmente nos costões rochosos da zona entremarés (Witman & Dayton 2001). Estudos no infralitoral têm sido desenvolvidos com maior frequência em ambientes estuarinos e enseadas abrigadas (Rocha 1991, Haddad 1992, Absalão 1993) e com menor frequência em ambientes do infralitoral exposto (Silva et al. 1997, Brandini & Silva 2000). Devido às dificuldades metodológicas nas coletas na zona infralitoral, a maioria desses trabalhos é descritiva e os padrões da variação temporal da estrutura destas comunidades são pouco conhecidos. No Paraná foram estudados os padrões de sucessão sazonal das comunidades incrustantes ao longo do tempo (Silva 2001). No entanto, estes padrões ainda não foram analisados ao longo de um gradiente vertical.

A comunidade epilítica tem recebido grande atenção por questões econômicas, uma vez que a bioincrustação em estruturas artificiais causam problemas técnicos no casco e na tubulação de navios, plataformas de petróleo, píers de atracação, cabos telegráficos e emissários submarinos, flutuadores, etc. Para controlar ou pelo menos reduzir os prejuízos causados pela bioincrustação é necessário compreender os processos biológicos que determinam seu desenvolvimento (Connell & Glasby 1999)

Por outro lado, a bioincrustação também em aspectos positivos do ponto de vista sócio-econômico; Novos habitats vêm sendo utilizados no Paraná na última década como “recifes artificiais”, visando recuperar e aumentar a diversidade biológica e os estoques pesqueiros ameaçados pela ação antrópica, sobretudo a pesca de arrasto comercial. O sucesso desses projetos dependem de uma melhor compreensão dos padrões de variação espacial e temporal do recrutamento e colonização dessas comunidades.

Nossas hipóteses foram: (1) se as larvas dos organismos epilíticos apresentam fototropismo negativo e geotaxia positiva antes do assentamento, espera-se encontrar uma maior abundância e diversidade com o aumento da profundidade; (2) se a sedimentação de material particulado é responsável por uma redução na taxa de colonização, espera-se encontrar associações menos ricas e abundantes na profundidade junto ao fundo; (3) se a precipitação está relacionada à drenagem continental, espera-se uma maior abundância e riqueza nos meses mais chuvosos, ou seja, durante a primavera e o verão; (4) se a penetração de águas frias ricas em nutrientes no final de inverno e primavera promove taxas mais elevadas de recrutamento, espera-se encontrar maior abundância nos substratos colocados durante a primavera.

## MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na porção central do litoral paranaense, a 12 km da costa, a uma milha de um afloramento rochoso cristalino denominado Ilha dos Currais (Fig. 1), sobre a isóbata de 18 metros. A porção submersa próxima a esta área caracteriza-se pela sedimentação marinha de material arenoso com granulação constituída predominantemente de areias finas ou médias (0,125-0,5 mm) e inclinação inferior a 2° (Bigarella et al. 1978).

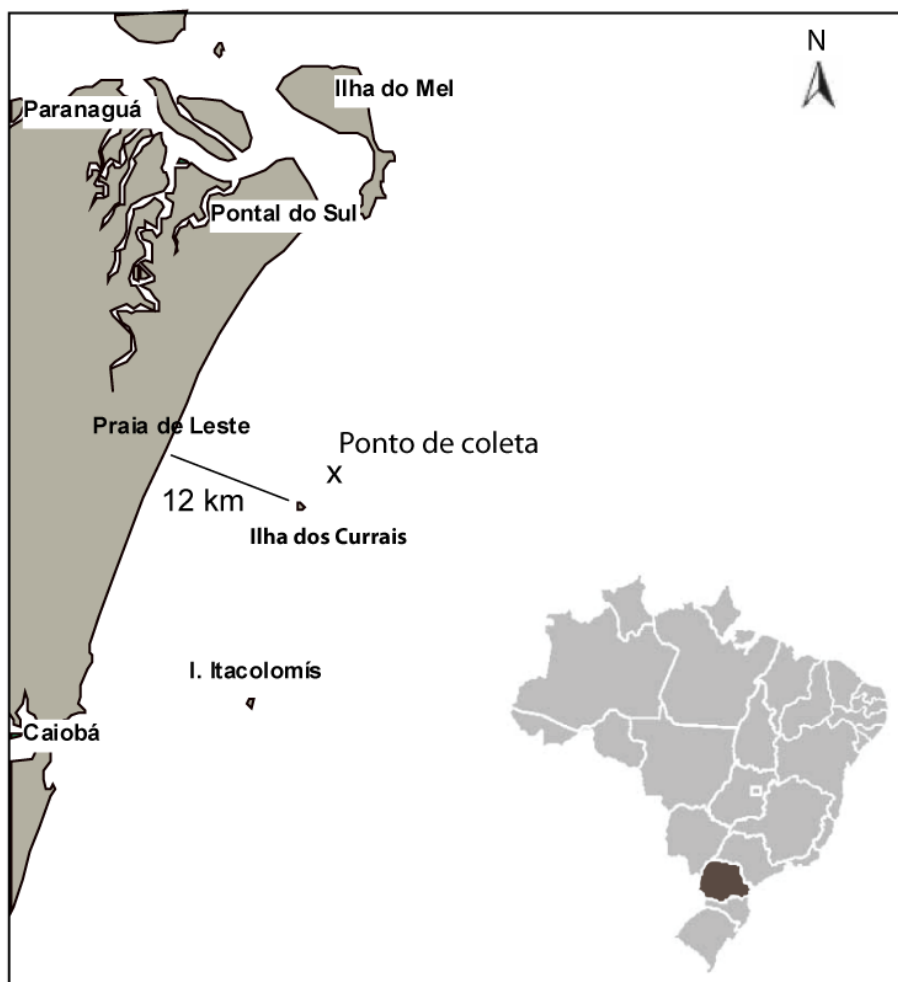


Fig. 1. Localização do ponto de coleta (25° 44' S 48° 20' W), Paraná. No detalhe mapa do Brasil com a localização do estado do Paraná.

A comunidade incrustante entre 13 e 18 m é dominada espacialmente por uma associação de algas de pequeno porte, tunicados didemnídeos, esponjas, ostras, hidróides, colônias de antozoários e outros organismos menos conspícuos (Silva 2001).

A coluna de água é dominada pela Água de Plataforma sob influência direta da drenagem continental. A circulação é controlada basicamente pelo regime de ventos, marés e correntes de maré (Castro-Filho 1997; Castro et al., 2006). Os padrões hidrográficos sazonais são bem definidos, com um período quente e estratificado entre novembro e março e outro caracterizado pela mistura vertical no restante do ano (Fig. 3) (Brandini et al. 2006). Durante o verão, ventos predominantes de nordeste induzem o transporte de Ekman da água superficial para fora da costa, compensado pela penetração da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) na camada de fundo (Castro-Filho 1997). Durante o inverno, os ventos freqüentes de sudoeste transportam e acumulam Água Tropical sobre a plataforma impedindo as intrusões ortogonais da ACAS. A mistura vertical devido aos ventos fortes e constantes, e a queda da temperatura na superfície, geram condições físico-químicas pouco heterogêneas das águas costeiras e regiões de plataforma rasa durante o inverno (Brandini 1990).

A concentração de nutrientes também segue um padrão sazonal, com máximos no final do inverno e primavera, decrescendo no final do verão (Brandini et al. 2006). A clorofila alcança sua concentração máxima no verão, normalmente nas profundidades subsuperficiais, enquanto no inverno a concentração é muito baixa e distribuída de forma homogênea na coluna d'água (Brandini et al. 2006). Apesar da influência das intrusões de água na plataforma interna, a estratificação física e o gradiente vertical de nutrientes estão mais associados à precipitação local e à descarga de água doce da na zona costeira (Noernberg 2001).

## **Delineamento experimental e infra-estrutura logística**

Como substrato de recrutamento foram utilizadas placas de polietileno preto medindo 10 x 10 cm. Para a montagem do experimento, dez placas identificadas por códigos numerados foram fixadas com braçadeiras plásticas em intervalos de 1 metro, formando um “varal de placas experimentais”. As faces das placas que não estavam em contato com a corda foram lixadas para aumentar a rugosidade.

Um conjunto de quatro varais, totalizando 40 placas (Fig.2), foi ancorado sob a isóbata de 18 metros nos dias primeiro de outubro (primavera), 15 de janeiro (verão), 31 de março (outono) e sete de julho (inverno) e mantidos submersos por 100, 75, 97 e 119 dias, respectivamente. Frentes frias com ventos fortes e problemas logísticos com embarcações prejudicaram a periodicidade amostral. Apenas três cordas foram retiradas no outono, totalizando 30 placas ao invés de 40. Durante o experimento de inverno três placas de cada corda, referentes às camadas mais profundas, foram utilizadas. As doze placas foram agrupadas independentemente da profundidade e utilizadas apenas para análises da sazonalidade, portanto a distribuição dos organismos ao longo de um gradiente vertical foi visto apenas para a primavera, verão e outono.

Os varais foram amarrados em blocos de concreto assentados no fundo em 1997 pelo Programa “Recifes Artificiais Marinhos” (Silva et al. 1997) e mantidos na posição vertical por um flutuador mantendo a primeira placa superior a 8 metros abaixo da superfície. A distância entre os varais foi de aproximadamente cinco metros. Portanto, durante 12 meses de trabalho foram feitos quatro experimentos de recrutamento e colonização, totalizando 122 placas de bioincrustação. A instalação e coleta do experimento foram realizadas por mergulho autônomo. No momento da coleta, as placas eram acondicionadas em uma caixa plástica com água do mar local e anestesiadas com mentol.

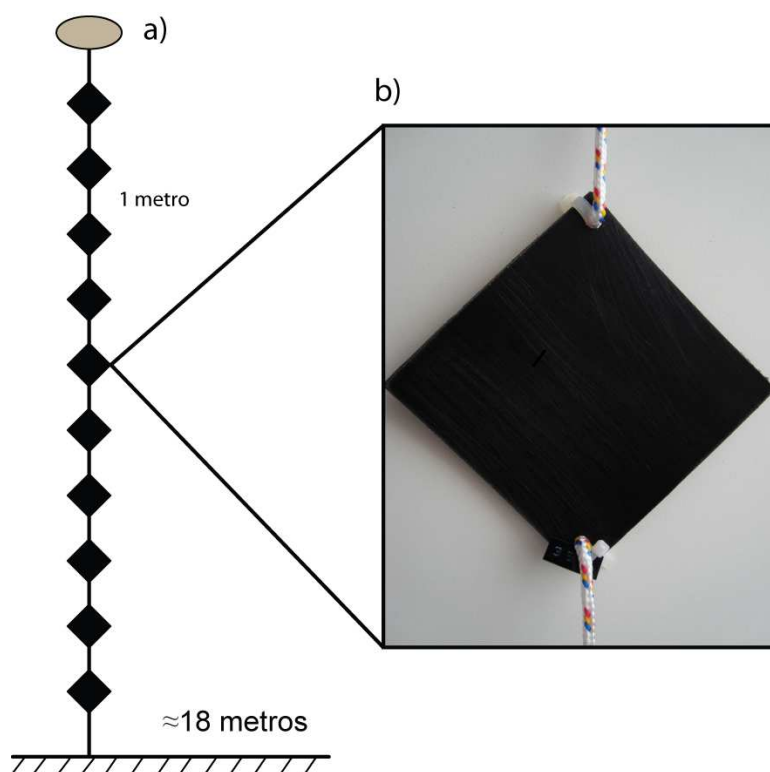


Fig. 2. Esquema da disposição das placas de recrutamento (a) e foto de uma placa de recrutamento atada à corda (b).

Os dados de precipitação durante o período do estudo foram obtidos com o Grupo de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar da UFPR.

### **Procedimento de laboratório**

No laboratório as amostras foram fixadas em formol a 4%. As placas foram colocadas em bandejas rasas, cobertas com água e examinadas sob lupa com braço extensor. Para contagem dos organismos foi utilizada uma grade quadriculada com fios de nylon formando 25 subdivisões de 2 x 2cm cada.

### **Análise dos dados**



As variáveis analisadas foram riqueza de espécies, presença e porcentagem de cobertura das espécies incrustantes em cada quadrícula ou o número de indivíduos, no caso das espécies solitárias. A porcentagem de cobertura foi estimada em cada quadrícula, conforme a colônia ocupasse aproximadamente 12,5%, 25%, 37,5%, 50%, 62,5%, 75%, 87,5% e 100% de cobertura e zero quando ausente. Além de ser registrada a porcentagem de cobertura para todos os organismos, também optou-se por analisar a distribuição vertical da densidade de indivíduos solitários, que tendem a ocupar uma pequena porção da placa de assentamento. Nos casos em que houve dúvidas quanto à identificação, os exemplares foram enviados a especialistas.

Os dados foram inicialmente transformados em  $\log X+1$  para normalização e novamente transformados em  $\text{antilog } X+1-1$  para a representação gráfica. Os dados de abundância e riqueza médias não foram normalizados com a transformação. Portanto foi utilizado o teste de correlação não-paramétrico de Spearman para analisar sua correlação com a precipitação média mensal.

Os padrões de colonização nas placas foram comparados através de uma análise de agrupamentos (CLUSTER) para verificar padrões espaciais e sazonais na colonização dos organismos. Tais análises foram baseadas na composição e abundância dos táxons, utilizando-se a soma das porcentagens de cobertura das placas de cada tratamento. A matriz foi construída utilizando o coeficiente de similaridade de Bray-Curtis com os dados transformados à raiz quarta. A porcentagem de similaridade (SIMPER) estabeleceu quais grupos de espécies contribuíram para as similaridades e dissimilaridades dentro e entre os grupos de amostras. Por fim um teste ANOSIM foi feito para determinar a significância das diferenças entre os grupos formados.

## RESULTADOS

Foram identificadas 59 espécies distribuídas entre sete grupos taxonômicos (Tabela 1). Com exceção dos gastrópodos e alguns poliquetas, com pouca mobilidade, a fauna vágil não foi analisada, normalmente representada por isópodos, anfípodos, picnogonídeos, camarões e uma única espécie de caranguejo majídeo (*Apiomithrax violaceus*).

Das 59 espécies, 12 eram de moluscos bivalves, 11 de briozoários, 8 de hidrozoários, 7 de cracas, 7 de poliquetas, 5 de ascídias, 3 de moluscos gastrópodes, 3 de entoproctas e 3 de antozoários. O número total de espécies foi maior na primavera e no verão e mínimo no inverno, variando também em cada grupo taxonômico (Fig. 3).

A riqueza dos bivalves também foi maior durante a primavera e o verão com dez espécies e baixa no período outono-inverno representado por três espécies de bivalves. A riqueza dos briozoários variou pouco durante o período estudado, sendo máxima no inverno com oito espécies, e mínima na primavera com cinco espécies. O número de espécies de cirripédios foi maior nas três primeiras estações do ano estudadas, com sete espécies na primavera, seis no verão e seis no outono. No inverno as cracas foram representadas por apenas uma espécie. A riqueza dos hidrozoários e poliquetas variou de forma similar, sendo o maior número de espécies encontrado na primavera e decrescendo nos períodos seguintes. Os hidrozoários foram representados por seis espécies na primavera, cinco no verão e três no outono e inverno. O número de espécies de poliquetas foi seis na primavera, cinco no verão, quatro no outono e apenas duas no inverno (Fig. 3). Também houve variação na riqueza em relação ao gradiente de profundidade, mas somente na primavera, período no qual o número de espécies aumentou com a profundidade (Fig. 4).

O padrão de variação vertical da taxa de colonização em cada grupo variou entre os períodos sazonais analisados (exceto inverno). Estes padrões de variação são diferentes para cada grupo, e serão abordados separadamente. Em geral, os mais abundantes foram os hidrozoários, briozoários, cracas, bivalves e anêmonas, seguidos dos poliquetas e ascídias (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância específica (= % de cobertura média/10 cm<sup>2</sup>) nas placas de recrutamento entre outubro de 2008 e novembro de 2009.

	Primavera*	Verão*	Outono*	Inverno*
<b>Anthozoa- Hexacorallia</b>	<b>15,7</b>	<b>0,03</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Actiniaria sp.1	15,7	0,03	0,0	0,0
<b>Anthozoa- Octocorallia</b>	<b>0,03</b>	<b>0,9</b>	<b>0,7</b>	<b>0,0</b>
Alcyonidae sp.1	0,03	0,8	0,6	0,0
<i>Carijoa riisei</i> (Duchassaing & Michelotti 1860)	0,0	0,0	0,7	0,0
<b>Hydrozoa</b>	<b>22,7</b>	<b>22,9</b>	<b>12,1</b>	<b>9,7</b>
<i>Bougainvillia muscus</i> (Allman 1863)	0,0	0,0	0,0	3,5
<i>Corydendrium parasiticum</i> (Linnaeus 1767)	0,0	2,6	0,0	0,0
<i>Garveia franciscana</i> (Torrey 1902)	7,4	0,2	0,4	0,0
<i>Obelia bidentata</i> (Clarke 1875)	2,4	1,9	1,9	0,0
<i>Obelia dichotoma</i> (Linnaeus 1758)	10,6	16,8	9,9	0,0
<i>Pennaria disticha</i> (Goldfuss 1820)	0,2	1,4	0,0	5,6
<i>Turritopsis nutricula</i> (McCrary 1857)	0,5	0,0	0,0	0,2
Tubulariidae sp.1	1,5	0,0	0,0	0,0
<b>Bryozoa</b>	<b>13,2</b>	<b>3,7</b>	<b>23,9</b>	<b>22,8</b>
<i>Aetea anguina</i> (Linnaeus 1758)	0,2	0,4	0,8	3,1
<i>Biflustra arborescens</i> (Canu & Bassler 1928)	1,6	0,4	9,4	8,3
<i>Biflustra denticulata</i> (Smitt 1873)	6,9	0,7	0,0	0,0
Electridae sp.1	1,6	0,8	7,3	2,0
Membraniporidae sp.1	0,7	0,4	5,6	0,0
Schizoporella sp.	0,0	0,2	0,7	0,0
<i>Synnotum aegyptiacum</i> (Audouin 1826)	0,0	0,8	0,0	0,4
Bryozoa sp.1	0,0	0,0	0,0	5,2
Bryozoa sp.2	0,0	0,0	0,0	0,4
Bryozoa sp.3	0,0	0,0	0,7	0,3
Bryozoa sp.4	0,0	0,0	0,0	1,2
<b>Entoprocta</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>
Entoprocta sp.1	0,2	0,07	0,0	0,0
Entoprocta sp.2	0,08	0,0	0,0	0,6
Entoprocta sp.3	0,03	0,05	0,6	0,3
<b>Crustácea- Cirripedia</b>	<b>4,5</b>	<b>10,9</b>	<b>3,4</b>	<b>1,2</b>
<i>Amphibalanus amphitrite</i> (Darwin 1854)	0,09	3,4	0,5	0,0
<i>Amphibalanus eburneus</i> (Gold 1841)	0,05	0,04	0,0	0,0
<i>Amphibalanus reticulatus</i> (Utinomi 1967)	1,2	0,0	1,8	0,0
<i>Balanus improvisus</i> (Darwin 1854)	0,7	0,8	0,5	0,0
<i>Balanus trigonus</i> (Darwin 1854)	0,4	0,4	0,08	1,2
<i>Megabalanus coccopoma</i> (Darwin 1854)	1,0	0,3	0,1	0,0
<i>Striatobalanus amaryllis</i> (Darwin 1854)	1,2	6,1	0,4	0,0

	Primavera*	Verão*	Outono*	Inverno*
<b>Mollusca- Bivalvia</b>	<b>12,5</b>	<b>3,8</b>	<b>0,85</b>	<b>6,6</b>
<i>Arcinella brasiliensis</i> (Nicol 1953)	0,0	0,03	0,0	0,0
<i>Atrina seminuda</i> (d'Orbigny 1846)	0,0	0,2	0,0	0,0
<i>Bathyarca pectunculoides</i> (Scacchi 1833)	1,5	0,09	0,05	0,0
<i>Crassostrea</i> sp.	2,4	1,9	0,0	6,1
<i>Leptopecten bavayi</i> (Dautzenberg 1900)	0,2	0,0	0,0	0,0
<i>Lunarca ovalis</i> (Bruguère 1789)	0,2	0,0	0,0	0,0
<i>Musculus viator</i> (Orbigny 1846)	3,7	1,2	0,0	0,3
<i>Mytella guyanensis</i> (Lamarck 1819)	1,1	0,02	0,04	0,0
Mytilidae sp.1	0,1	0,02	0,0	0,0
<i>Ostrea</i> sp.	0,2	0,07	0,0	0,0
<i>Pteria colymbus</i> (Röding 1798)	3,7	0,2	0,5	0,0
<i>Sphenia fragilis</i> (Adams & Adams 1854)	0,6	0,1	0,0	0,4
<b>Mollusca- Gastropoda</b>	<b>0,0</b>	<b>0,08</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<i>Anachis lyrata</i> (Sowerby 1832)	0,0	0,02	0,0	0,0
<i>Buccinidae</i> sp.	0,0	0,006	0,0	0,0
<i>Mitrella lunata</i> (Say 1826)	0,0	0,006	0,0	0,0
<b>Polychaeta</b>	<b>2,1</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>16,6</b>
<i>Eunice</i> sp.	0,0	0,1	0,2	0,0
<i>Eunoe serrata</i> (Amaral & Nonato 1982)	0,02	0,0	0,0	0,9
Hydroides sp.	0,03	0,2	0,4	0,0
<i>Marphysa</i> sp.	0,03	0,0	0,0	0,0
<i>Nicolea</i> sp.	1,2	0,5	0,07	0,0
<i>Pomatoceros</i> sp.	0,8	0,8	1,0	15,7
Syllidae	0,03	0,06	0,0	0,0
<b>Tunicata</b>	<b>0,06</b>	<b>1,5</b>	<b>1,7</b>	<b>9,9</b>
<i>Ascidia tenue</i> (Monniot 1983)	0,03	0,06	0,0	0,0
<i>Botryllus tuberatus</i> (Ritter & Forsyth 1917)	0,0	1,4	1,5	0,0
<i>Diplosoma listerianum</i> (Milne-Edwards 1841)	0,0	0,0	0,2	9,9
<i>Molgula phytophila</i> (Monniot 1970)	0,0	0,5	0,0	0,0
Pyuridae	0,03	0,04	0,0	0,0

\*Primavera: outubro a dezembro de 2008; Verão: janeiro a março de 2009; Outono: abril a junho de 2009; Inverno: julho a novembro de 2009.

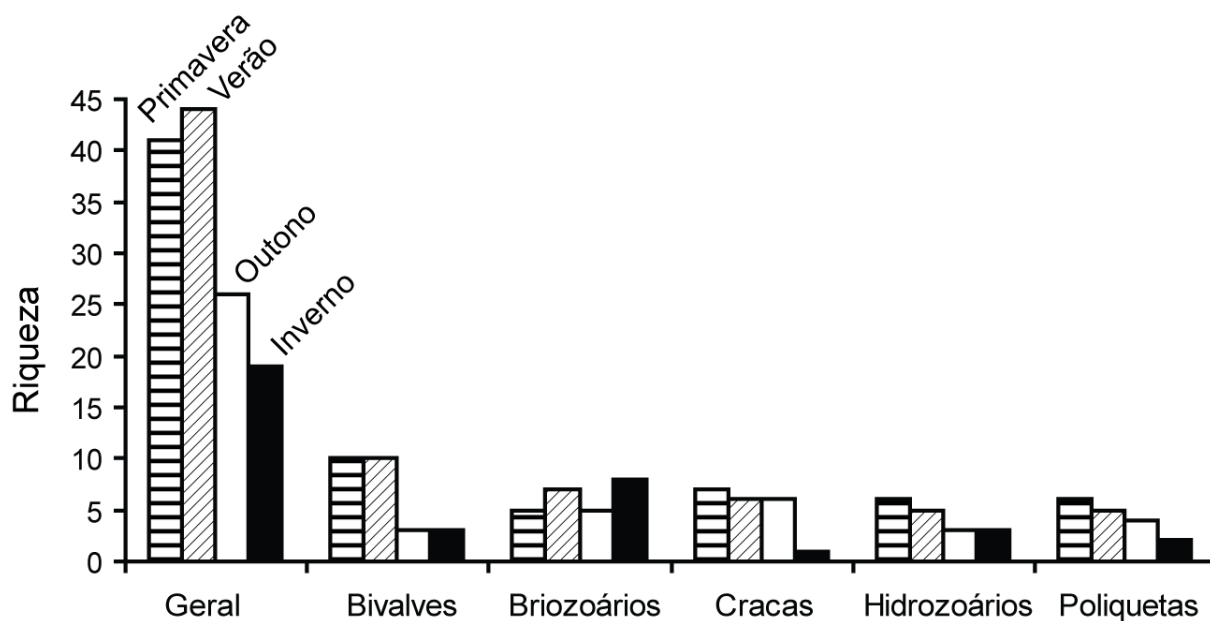


Fig. 3. Riqueza total e dos principais grupos taxonômicos na primavera (n = 40), verão (n = 40), outono (n = 30) e inverno (n = 12), na plataforma rasa do Estado do Paraná, de outubro de 2008 a novembro de 2009.

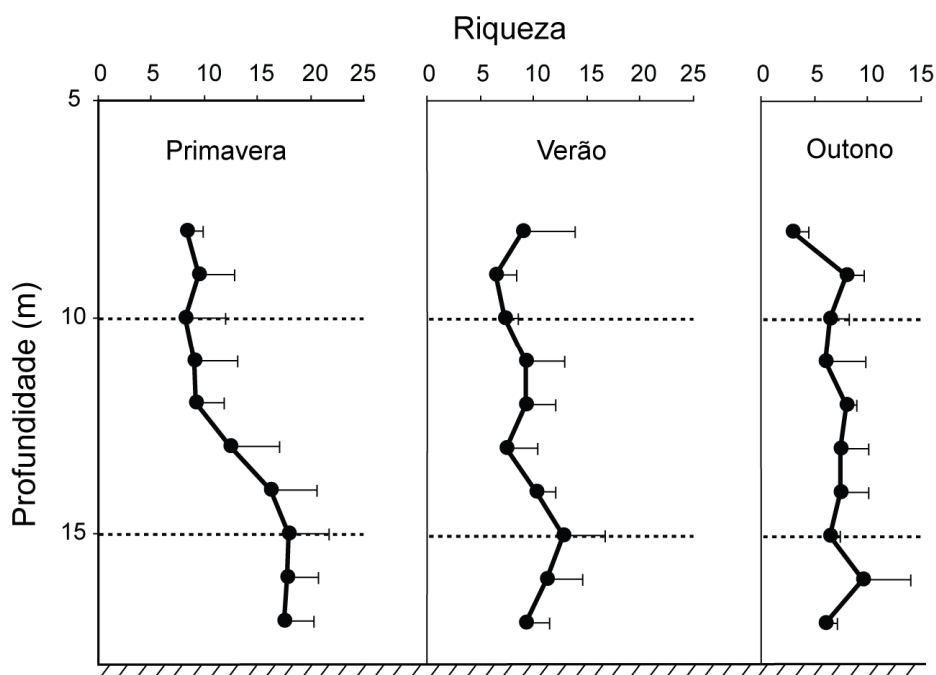


Fig. 4. Riqueza média ao longo da profundidade na primavera, verão e outono, na plataforma rasa do Estado do Paraná, de outubro de 2008 a julho de 2009.

### **Padrões sazonais de variação vertical do recrutamento**

Os dados pretéritos dos perfis de temperatura e salinidade mostram a ocorrência de estratificação durante a primavera e verão, e uma distribuição homogênea da água no período de outono e inverno (Fig. 5). A temperatura mínima foi de 19,6 °C aos 17 m de profundidade no inverno de 1998, e máxima de 28,7 °C a um metro de profundidade no verão do mesmo ano. A salinidade variou de 29,8 ppt a um metro na primavera de 1998 até 35,7 ppt a 16 m no inverno de 1997.

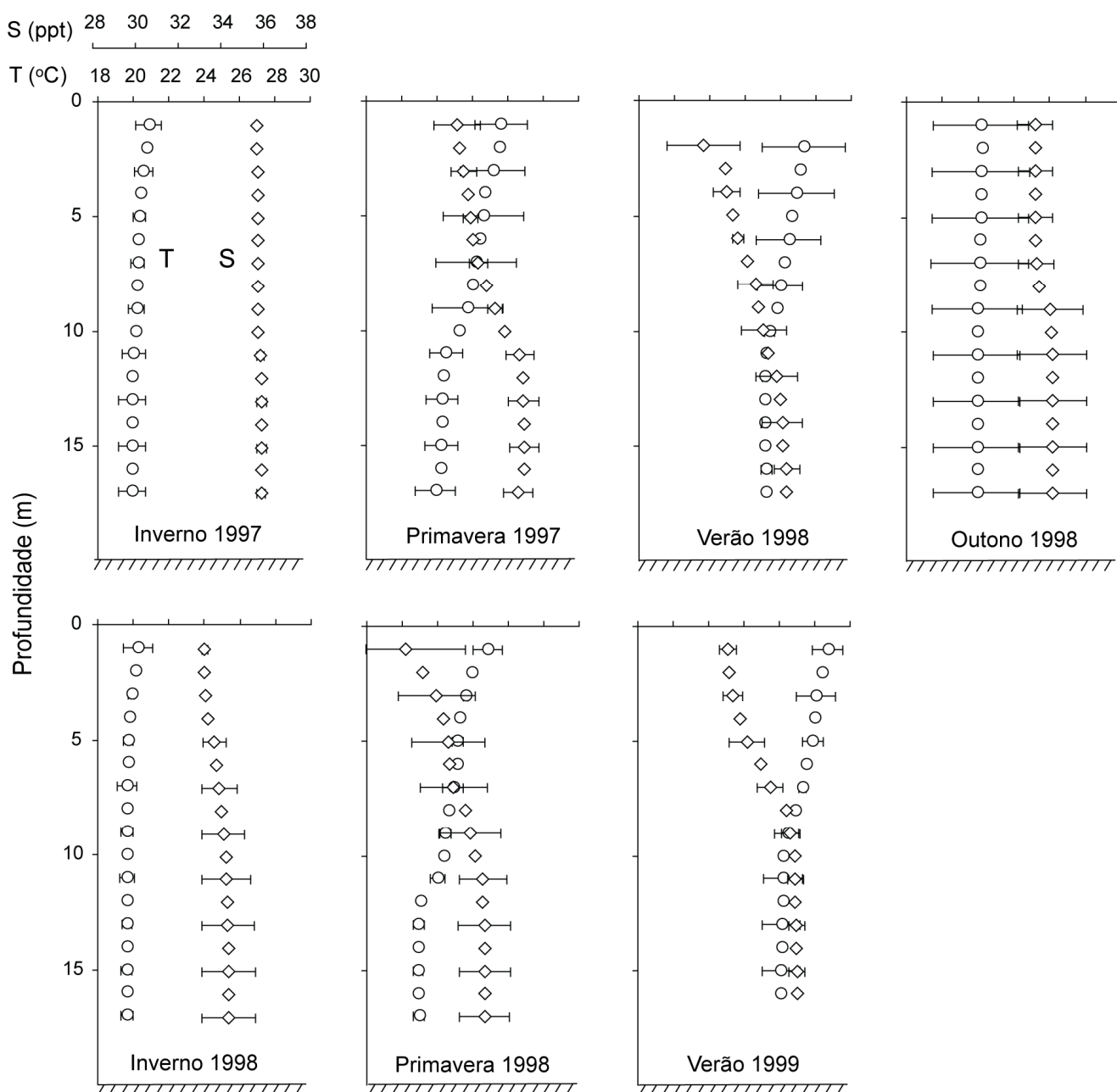


Fig. 5. Variação da média e desvio padrão dos perfis de temperatura (T) e salinidade (S) em diferentes estações do ano. Dados obtidos de julho de 1997 a março de 1999 pelo Programa Recifes Artificiais Marinhos.

## Hidrozoários

O padrão de distribuição vertical de hidrozoários variou de acordo com o período sazonal. Na primavera a colonização aumentou com a profundidade (Fig. 6), alcançando a porcentagem de cobertura máxima de 49% a 17 m, e mínima de 9% a 9 m.

As taxas de colonização foram mais elevadas nos estratos mais profundos no verão No



verão o padrão de distribuição vertical no recrutamento das placas revelou uma tendência de maior colonização nos estratos mais profundos. A maior porcentagem de cobertura foi de 34,9% a 16 m, e menor de 11,9% a 14 m de profundidade. Durante primavera e o verão o grupo foi mais abundante com 22,7% e 22,9% de cobertura média. No outono ocorreram dois picos de colonização a 10 e 16 m com porcentagens de cobertura de 36,2% e 24,2%, respectivamente.

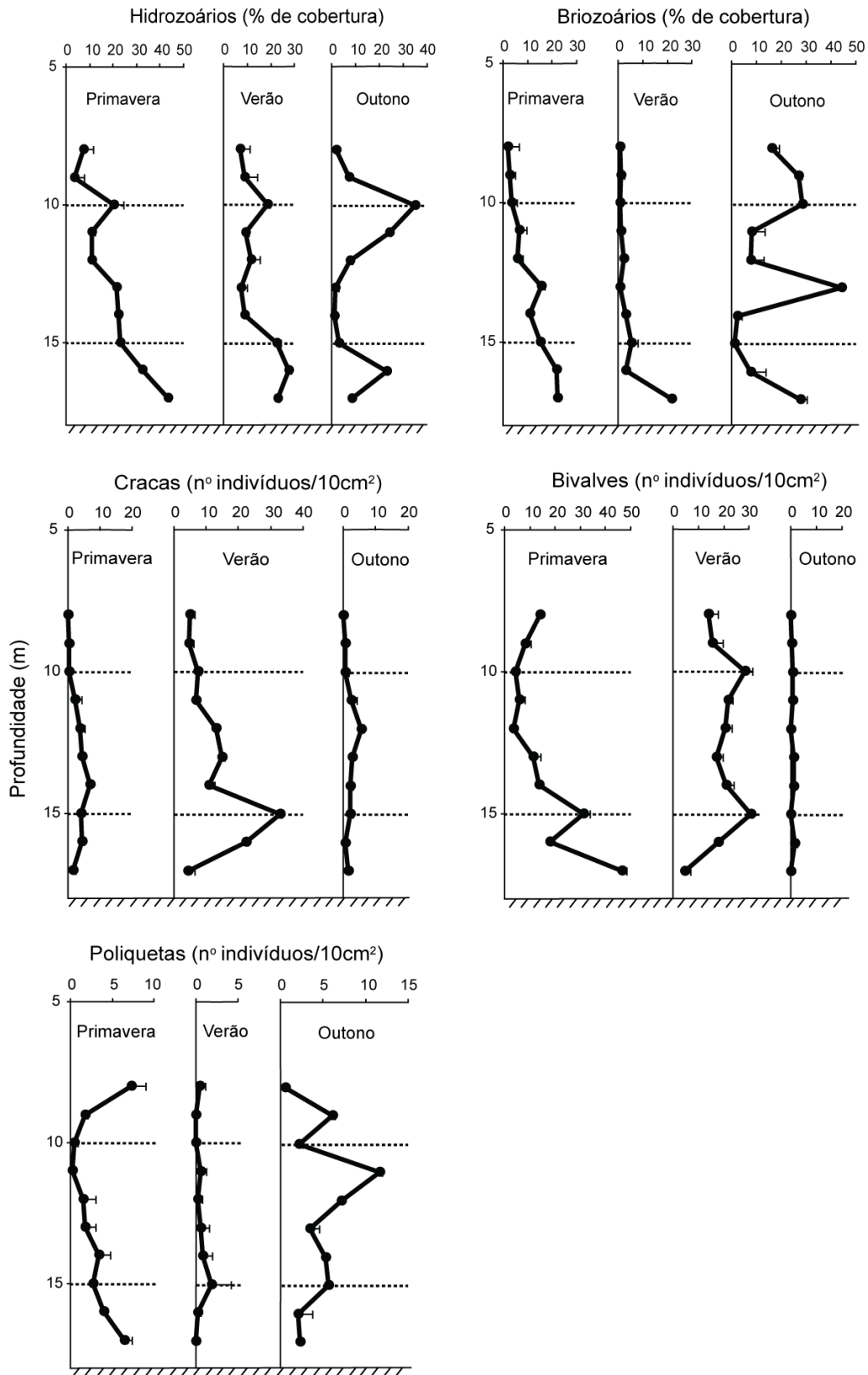


Fig. 6. Variações na média e desvio padrão da porcentagem de cobertura de hidrozoários e briozoários e da densidade de cracas, bivalves e poliquetas na primavera ( $n = 40$ ), verão ( $n = 40$ ) e outono ( $n = 30$ ), ao longo do gradiente de profundidade na plataforma rasa do Estado do Paraná. Dados obtidos entre outubro de 2008 e julho de 2009.

Entre as seis espécies encontradas na primavera as mais abundantes foram *Obelia dichotoma*, *Garveia franciscana* e *Obelia bidentata*, cujas porcentagens de cobertura são 10,6%, 7,4% e 2,4%, respectivamente (Fig. 7). Esta última só esteve presente a partir dos 12 m de profundidade, com pico de porcentagem de cobertura de 12,5% a 14 metros. O padrão de distribuição vertical de *G. franciscana* foi bem definido, com aumento da abundância a partir dos 16 m. Sua porcentagem de cobertura variou de 0,25% a 12 m até 39,6% a 17 m. Não foram encontrados padrões regulares na colonização de *Pennaria disticha*, *O. dichotoma*, *Turritopsis nutricula* e um tubularídeo não identificado.

Cinco espécies de hidróides colonizaram as placas de verão, sendo a mais abundante *Obelia dichotoma* cuja porcentagem de cobertura variou de 4,5% a 17 m até 26,8% a 16 m. Não houve um padrão regular de distribuição vertical, tanto em *O. dichotoma* quanto em *Obelia bidentata* (Fig. 7). Esta última não colonizou a 8 e 11 m, e sua porcentagem de cobertura máxima foi 5,7% a 9 m. A taxa de colonização de *Corydendrium parasiticum*, espécie exclusiva deste período, foi maior a partir dos 15 m, e seu pico de abundância ocorreu aos 17 m com 10,7% de cobertura. Assim como na primavera a abundância de *Pennaria disticha* foi baixa no verão e sua colonização foi mais acentuada nos estratos mais profundos, alcançando o valor máximo de 7% de cobertura a 17 m. *Garveia franciscana*, uma das mais abundantes na primavera, foi a menos representativa no verão ocorrendo apenas a 10 e 16 m com porcentagens de cobertura de 1,9 e 0,5%, respectivamente.

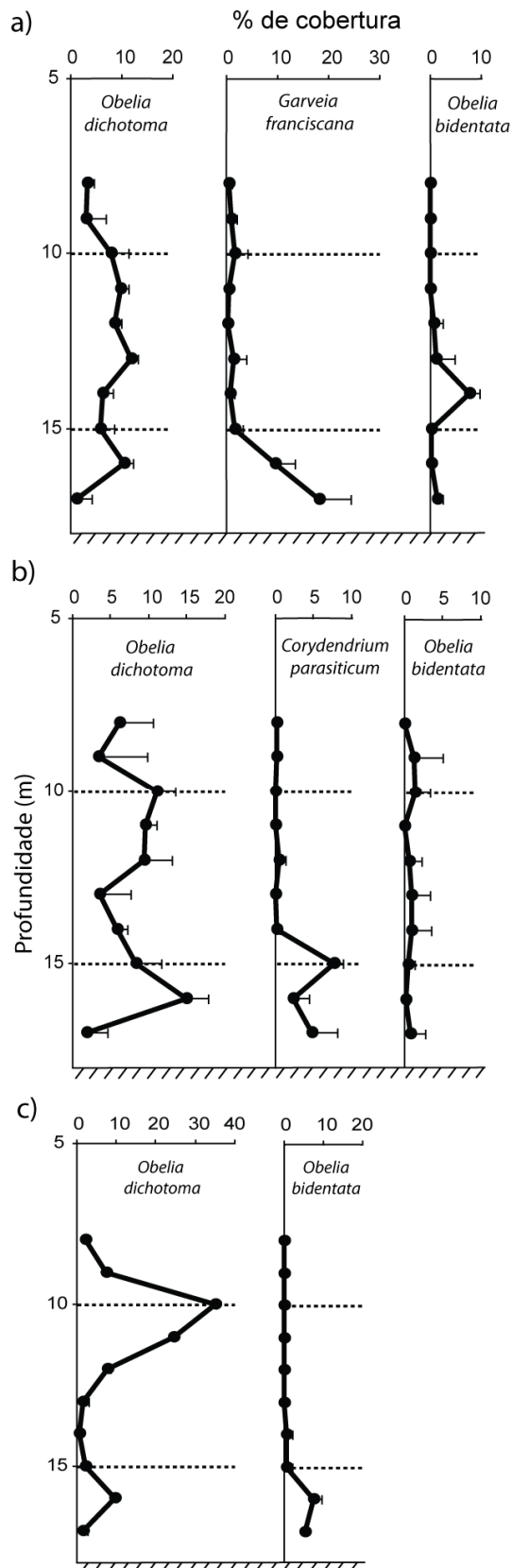


Fig. 7. Variações na média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das principais espécies de hidrozoários ao longo do gradiente de profundidade em três períodos sazonais: a) primavera de 2008 (n = 40), b) verão de 2009 (n = 40) e c) outono de 2009 (n = 30), na plataforma rasa do Estado do Paraná.

Foram encontradas apenas três espécies de hidrozoários nas placas de outono: *Obelia dichotoma*, *Obelia bidentata* e *Garveia franciscana*. Assim como na primavera e no verão *O. dichotoma* foi a mais abundante com 9,9% de cobertura média. O pico de colonização dessa espécie foi bem definido a 10 m com 36,2 % de cobertura. A sua porcentagem de cobertura mínima foi de 0,5% a 14 m. A colonização de *O. bidentata* e *G. franciscana* ocorreu apenas na porção inferior da coluna d'água. Seus valores máximos de porcentagem de cobertura foram 11% a 16 m e 2,6% a 16 m, respectivamente.

### **Briozoários**

O padrão de colonização vertical dos briozoários foi semelhante ao dos hidrozoários na primavera, com um aumento da abundância ao longo da profundidade (Fig. 6). O valor máximo de abundância foi de 27% registrado nas placas mais próximas ao fundo, o mínimo foi de 3% a 9 m. No verão a colonização foi baixa em quase toda coluna d'água, com menos de 1% de cobertura a 8 m. O pico de colonização de 22% de cobertura ocorreu a 17 m. No outono não foi encontrado nenhum padrão regular de distribuição vertical, a porcentagem de cobertura máxima foi de 52% a 13 m, e mínima de 1,5% a 15 m. No outono e inverno a taxa de colonização foi maior com 23,8% e 22,8% de cobertura média, respectivamente, e mínima no verão com 3,7% de cobertura média.

Sete espécies de briozoários ocorreram nas placas de primavera, sendo as mais representativas *Biflustra denticulata*, *Electridae sp.* e *Biflustra arborescens*. A abundância de *B. denticulata* aumentou em relação à profundidade (Fig. 8). Esta espécie não colonizou as placas submersas a 10 e 11 m, e seu pico de abundancia foi de 16% a

16 m. O padrão de colonização de *B. arborescens*, bem como do restante das espécies, foi irregular. Sua porcentagem de cobertura máxima foi de 4,7% a 13 m, e não foi encontrada em algumas profundidades. *Electridae sp.* também não colonizou todas as profundidades, e sua porcentagem de cobertura máxima foi de 6,3% a 14 m.

No verão a abundância de briozoários foi a mais baixa com 3,7% de cobertura média. Os organismos mais representativos foram *Synnotum aegyptiacum*, *Electridae sp.* e *Biflustra denticulata*, entretanto nenhuma espécie alcançou 1% de cobertura média. Apesar da pouca abundância é possível ver uma tendência de colonização mais acentuada de *B. denticulata* e *Electridae sp.* nos estratos inferiores (Fig. 8). A porcentagem de cobertura máxima das três espécies ocorreu a 17 m, sendo de 4% para *S. aegyptiacum*, 6,8% para *Electridae sp.* e 3,9% para *B. denticulata*.

A maior abundância de briozoários foi registrada no outono com 23,9% de cobertura média. *Biflustra arborescens* foi a espécie mais abundante com 9,4% de cobertura média. Sua colonização foi maior na porção superior (Fig. 8), com máximo de porcentagem de cobertura de 34,7% a 9 m. A colonização do *electridae* não identificado foi maior nas profundidades intermediárias. Seu pico de abundância foi de 44,9% a 15 m e não colonizou os estratos superiores e inferiores da coluna d'água. A colonização de *Membraniporidae sp.* foi mais acentuada nas profundidades inferiores, alcançando máximo de porcentagem de cobertura de 39,6% a 17 m. Esta espécie não foi encontrada nas placas submersas entre 8 e 12 m. *Biflustra denticulata*, uma das espécies mais abundantes na primavera e verão, não foi observada no outono.

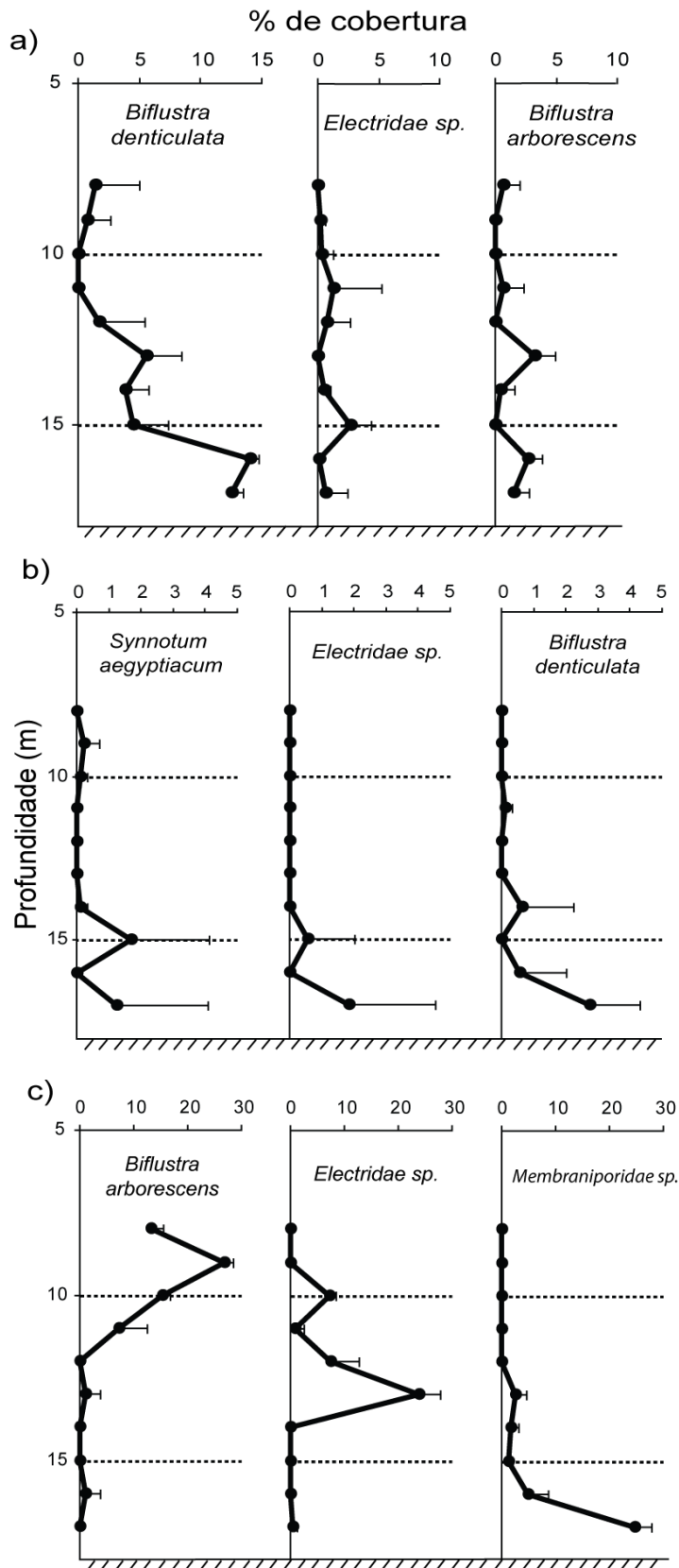


Fig. 8. Variações na média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das principais espécies de briozoários ao longo do gradiente de profundidade em três períodos sazonais: a) primavera de 2008 (n = 40), b) verão de 2009 (n = 40) e c) outono de 2009 (n = 30), na plataforma rasa do Estado do Paraná.

## Cracas

A colonização das cracas durante os três períodos sazonais foi maior nas profundidades intermediárias (Fig. 6). Na primavera o pico de colonização foi de seis indivíduos por placa a 11 m, a 8 m não houve colonização por cirripédios. Durante o verão a maior densidade foi de 36,8 indivíduos a 9 m, e a densidade mínima de 6,5 indivíduos a 17 m. No outono não houve colonização nas placas submersas a 8 m, e a maior densidade foi de 6 indivíduos por placa de recrutamento a 12 m. A porcentagem de cobertura média foi máxima no verão com 10,9% e mínima no inverno com 1,2%.

Na primavera as espécies de cracas mais representativas foram *Striatobalanus amaryllis*, *Amphibalanus reticulatus* e *Megabalanus coccopoma* (Fig. 9). Não houve colonização por *S. amaryllis* nas placas submersas a 8 m, e sua densidade máxima foi de apenas um indivíduo a 16 e 17 m. A colonização de *A. reticulatus* e *M. coccopoma* foi mais acentuada nas profundidades intermediárias, não ocorrendo nos estratos superiores. A densidade máxima de *A. reticulatus* foi de 2,8 indivíduos a 15 m, e a de *M. coccopoma* foi de 2,5 indivíduos a 11 m. *Balanus improvisus* esteve presente apenas nos estratos inferiores, a partir de 13 m.

A espécie mais representativa do verão foi *Striatoalanus amaryllis* com densidade média de 9,5 indivíduos. Sua densidade foi maior na porção intermediária inferior, variando de 1,8 indivíduos a 8 m até 25,8 indivíduos a 15 m. A colonização de *Amphibalanus amphitrite* seguiu um padrão irregular ao longo da profundidade. Sua densidade máxima foi de 7 indivíduos também a 15 m, e não colonizou as placas de 8 m de profundidade (Fig. 9).

No outono a densidade média das espécies foi inferior a um indivíduo por placa. A única exceção foi *Amphibalanus reticulatus*, cuja densidade média é de apenas um



indivíduo. Sua densidade foi maior nas profundidades intermediárias, com máximo de 2,7 indivíduos a 13 m (Fig. 9).

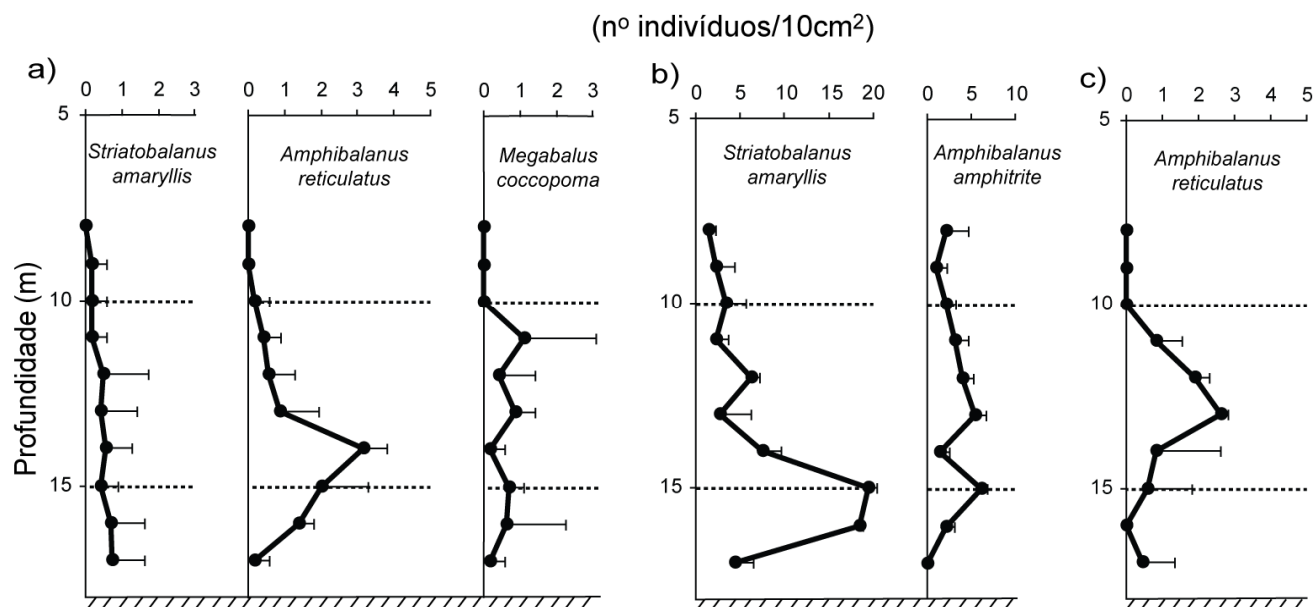


Fig. 9. Variações na média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das principais espécies de cracas ao longo do gradiente de profundidade em três períodos sazonais: a) primavera de 2008 (n = 40), b) verão de 2009 (n = 40) e c) outono de 2009 (n = 30), na plataforma rasa do Estado do Paraná.

## Bivalves

Na primavera a taxa de colonização de bivalves aumentou com a profundidade (Fig. 6), com valores de densidade variando de 5 indivíduos por placa a 12 m até 48,5 a 17 m de profundidade. Durante o verão e o outono não foi identificado um padrão regular de colonização. No verão a densidade variou de 7,9 indivíduos a 17 m até 43 indivíduos por placa a 12 m. No outono os bivalves não colonizaram todas as profundidades, sendo que a densidade máxima foi de 1,3 a 13 e 14 m. A maior porcentagem de cobertura média de bivalves foi de 13%, na primavera, e a abundância mínima foi registrada no inverno, com menos de 1%.

Além da maior abundância, na primavera também ocorreu a maior riqueza de bivalves, estando presentes 10 das 13 espécies que colonizaram ao longo do

experimento. A mais representativa foi *Musculus viator* com 9,2 indivíduos por placa. A densidade média de *Crassostrea sp.* e *Pteria colymbus* foi de 2,8 e 2,5 indivíduos. A maior densidade de *M. viator* ocorreu predominantemente nos estratos inferiores com valores mínimos nas profundidades intermediárias (Fig.10). O número de indivíduos por placa variou de 0,25 a 11 m até 35,3 a 17 m. O mesmo padrão foi observado em *Sphenia fragilis*, apesar de não ser uma espécie abundante neste experimento. O padrão de colonização de *P. colymbus* foi contrário ao descrito, com maior colonização nas profundidades intermediárias. Sua densidade variou de zero a 8 m até 4,8 indivíduos a 13 m. A taxa de colonização de *Crassostrea sp.* foi maior a partir de 14 m. A densidade mínima foi de 0,5 indivíduos a 12 m, e máxima de 6,3 indivíduos a 14 m.

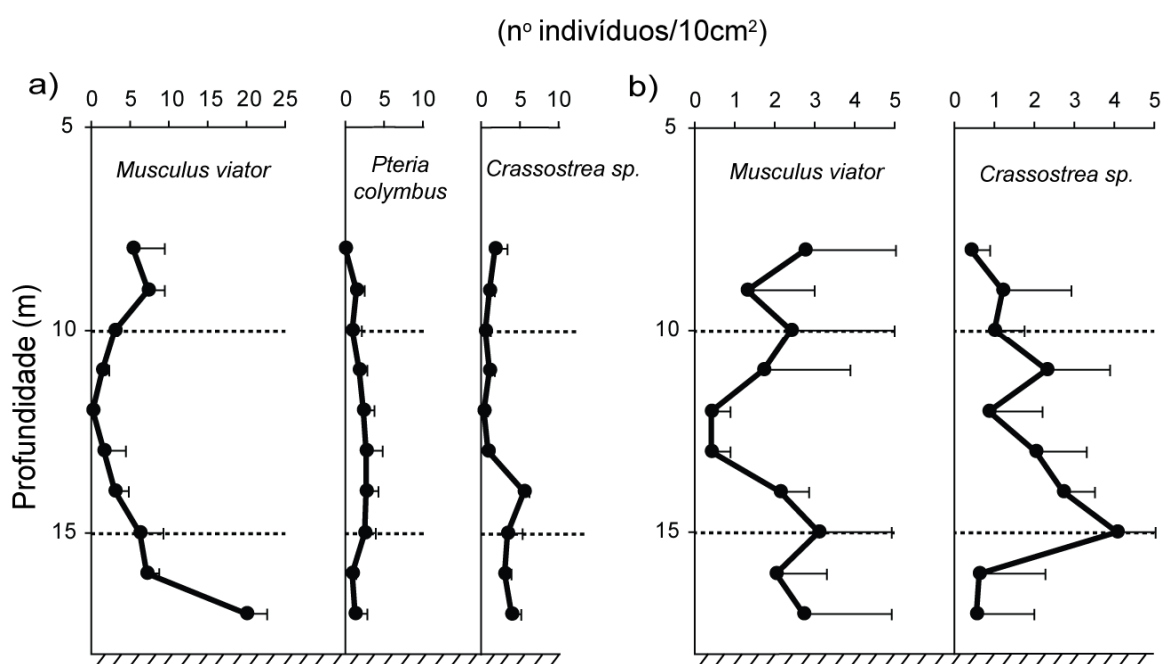


Fig. 10. Variações na média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das principais espécies de bivalves ao longo do gradiente de profundidade em três períodos sazonais: a) primavera de 2008 (n = 40) e b) verão de 2009 (n = 40), na plataforma rasa do Estado do Paraná.

Dez espécies de moluscos bivalves colonizaram as placas de verão, sendo *Musculus viator* e *Crassostrea sp.* as de maior densidade, com 3,3 e 2,3 indivíduos por placa, respectivamente. Nenhum padrão regular de distribuição vertical foi observado nas espécies de bivalves (Fig. 10). A densidade de *M. viator* variou de 0,5 indivíduos a 12 e 13 m até 5,8 indivíduos a 10 m. O pico de colonização de *Crassostrea sp.* foi de 4,9 indivíduos a 15 m, e o mínimo foi de 0,5 a 8 m. Durante o outono a taxa de colonização dos bivalves foi muito baixa, com densidades médias não alcançando 1 indivíduo por placa de recrutamento.

### **Poliquetas**

Na primavera a colonização dos poliquetas foi maior nos níveis superior e inferior da coluna de água, com a densidade média alcançando o máximo de 11 indivíduos a 8 m, aos 11 m não houve colonização por poliquetas (Fig. 6). No verão não houve colonização a 9, 10 e 17 m, e a maior densidade foi de 3,5 indivíduos a 15 m. Durante o outono as maiores densidades ocorreram nas profundidades intermediárias, com seu máximo de 12 indivíduos a 11 m, e o mínimo de 0,7 a 8 m. A porcentagem de cobertura dos poliquetas foi baixa, com média de 2,3% na primavera, 1,6% no verão e 1,6% no outono. Um pico de abundância de 16,6% foi observado no inverno.

Foram observadas seis espécies de poliquetas na primavera, entre elas *Pomatoceros sp.* e *Nicolea sp.*, com densidades médias de 2,2 e 1,2 indivíduos por placa, respectivamente. A taxa de colonização de *Pomatoceros sp.* aumentou com relação à profundidade (Fig. 11). A espécie não colonizou as profundidades inferiores, e sua densidade máxima foi de 6 indivíduos a 17 m. O padrão de distribuição vertical de *Nicolea sp.* foi o contrário do descrito, colonizando apenas os níveis superiores da

coluna de água sobretudo a partir dos 10 m. A maior densidade foi de 10 indivíduos e ocorreu a 8 m de profundidade.

Apesar de menos acentuado, o mesmo padrão de distribuição da primavera foi observado no verão para *Pomatoceros sp.* e *Nicolea sp.* (Fig. 11). A primeira espécie colonizou as placas mais profundas a partir de 11 m, com densidade máxima de 3 indivíduos a 17 m. A densidade de *Nicolea sp.* foi baixa ao longo do gradiente de profundidade, com pico de 3,3 indivíduos a 8 m.

No outono *Pomatoceros sp.* continua entre as espécies mais representativas, com densidade média de 3,4 indivíduos por placa. No entanto a colonização de *Nicolea sp.* foi muito baixa sendo substituída por *Hydroides sp.*, com densidade média de 1,4 indivíduos. A taxa de colonização de *Pomatoceros sp.* foi constante ao longo da profundidade, com queda nos estratos superior e inferior da coluna d'água (Fig. 10). Sua densidade variou de 0,7 a 8 m até 6,3 indivíduos a 12 m. A colonização de *Hydroides sp.* foi baixa, com um pico de densidade bem acentuado de 5,7 indivíduos a 11 m. A taxa de colonização dos demais organismos foi muito baixa em todas os períodos sazonais, muitas vezes representados por apenas um organismo.

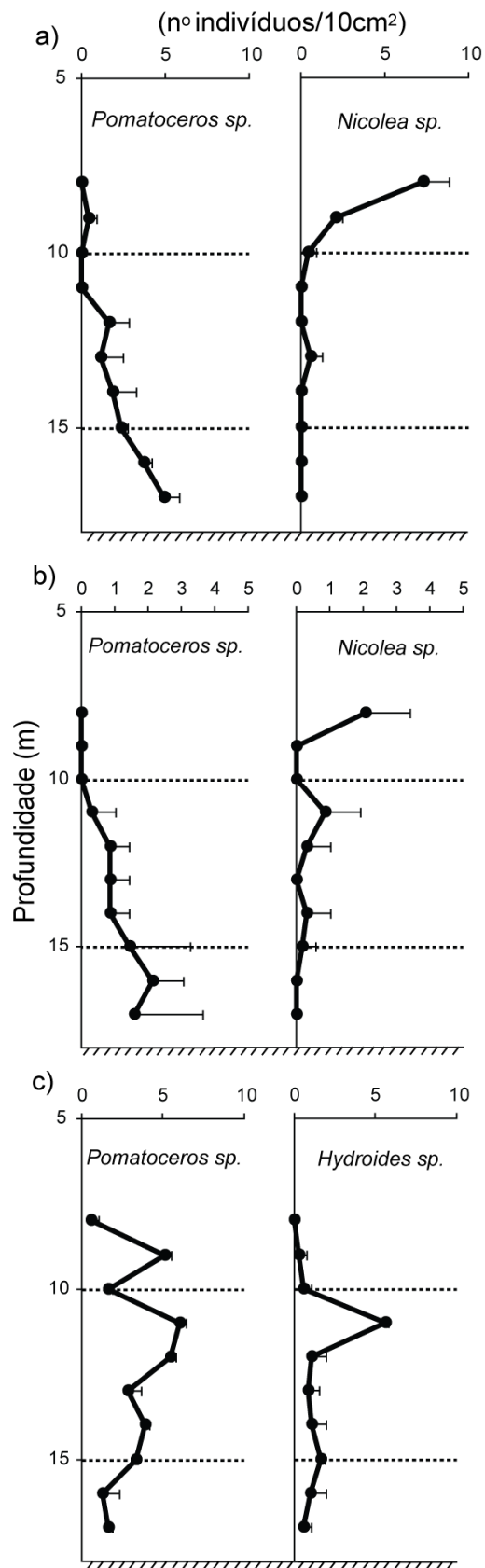


Fig. 11. Variações na média e desvio padrão da porcentagem de cobertura das principais espécies de poliquetas ao longo do gradiente de profundidade em três períodos sazonais: a) primavera de 2008 (n = 40), b) verão de 2009 (n = 40) e c) outono de 2009 (n = 30), na plataforma rasa do Estado do Paraná.

## Grupos não dominantes

Apesar das anêmonas serem o segundo grupo com maior porcentagem de cobertura média na primavera (16%), praticamente desapareceram nas placas de verão (0,3%) e não foram observadas durante o outono e o inverno. Na primavera a distribuição vertical da colonização de anêmonas foi irregular com um pico de colonização aos 15 m. Sua densidade média foi de 79 indivíduos por placa, variando de 7 a 13 m até 164 a 15 m. Apesar da alta taxa de colonização, o grupo de anêmonas só foi representado por uma espécie

Na primavera abundância das espécies de ascídia, entoprocta e octocoral foi muito baixa não alcançando, juntas, 1% de cobertura média. As ascídias foram representadas por *Ascidia tenue* e um pyuridae não identificado. Todas as três espécies de entoproctas colonizaram as placas nesse período do ano, bem como um alcyonidae não identificado. Os tunicatos e entoproctas recrutaram apenas nos três últimos níveis inferiores da coluna de água entre o fundo e 15 m, enquanto que os principais estratos de colonização do octocoral foram entre o fundo e 12 m.

Quatro espécies de ascídias recrutaram no verão, período do ano de maior riqueza do grupo. A mais abundante foi a espécie colonial *Botryllus tuberatus*, com 1,4% de cobertura média. Este organismo colonizou apenas a 16 m, com 13,5% de cobertura. A taxa de colonização das outras espécies de ascídias, bem como dos entoproctas e octocorais, foi muito baixa com distribuição irregular ao longo da profundidade.

Os gastrópodes colonizaram apenas no verão. A densidade média das três espécies juntas não alcançou 0,5 indivíduos/10cm<sup>2</sup> e o padrão de distribuição vertical não foi definido. A colonização por *Anachis lyrata* ocorreu a 16 m, enquanto a única profundidade de ocorrência de *Buccinidae sp.* e *Mitrella lunata* foi 8 m.

Nas placas submersas no verão e no outono houve recrutamento por algas filamentosas, entretanto sua porcentagem de cobertura foi muito baixa, inferior a 1% em cada estação do ano. Apenas uma espécie foi encontrada no verão e duas no outono, com distribuições homogêneas na coluna d'água.

A porcentagem de cobertura de ascídias foi de 1,7% no outono. Novamente a espécie mais abundante foi *Botryllus tuberatus*, com 1,5% de cobertura média. Assim como no verão a espécie ocorreu em apenas uma profundidade, dessa vez a 8 m. A única espécie de entoprocta do período não recrutou nos 3 últimos níveis inferiores da coluna de água, enquanto a colonização dos octocorais *Alcyonidae sp.* e *Carijoa riisei* ocorreu entre 8 e 10 m de profundidade.

## DISCUSSÃO

Estudos sobre a colonização de invertebrados epilíticos são normalmente realizados em comunidades naturais bem desenvolvidas ou utilizando-se substratos artificiais, p.ex. placas de recrutamento, que geralmente são submersas junto a um costão rochoso (Migotto et al. 2001, Cole et al. 2005). Neste caso o pool larval é residente e sua dispersão e assentamento ocorrem próximos um do outro (i.e., auto-recrutamento), dependendo apenas da circulação local. Portanto o que determina a estrutura dessas comunidades são fatores biológicos, tais como ciclo de reprodução, competição por espaço e interações tróficas intra- e interespecíficas pós-assentamento.

Antes de analisar os padrões de recrutamento vertical de comunidades epilíticas em placas de recrutamento é preciso verificar até que ponto as amostras deste estudo representam a comunidade dos habitats naturais adjacentes. Em substratos de recrutamento fixados em locais distantes de habitats rochosos com comunidades bem adaptadas, os fatores abióticos determinam o desenvolvimento da comunidade pioneira sem a interferência de comunidades adjacentes. O potencial larval é limitado em função da distância dos locais de desova, e a fixação e o “recrutamento remoto” dependem exclusivamente de fatores abióticos que, na área de estudo variam em função do regime climático e hidrográfico local. Indivíduos remanescentes do pool larval oriundo da desova nos ecossistemas rochosos distantes sobreviveram por mais tempo na fase meroplancônica, dispersando-se e distribuindo-se homogeneamente na coluna de água devido à mistura turbulenta na zona costeira. Isso ocorre sobretudo em regiões rasas expostas ao regime climático. Portanto o primeiro obstáculo vencido pelas larvas da comunidade pioneira foi ter encontrado ao acaso um substrato remoto adequado para a fixação, contando unicamente com o transporte lateral das correntes e sua mobilidade



vertical em função do comportamento foto- e ou geotrófico. O desafio seguinte foi a adaptação da nova comunidade às condições ambientais de um substrato fisicamente homogêneo, com pouca complexidade estrutural, sem refúgio e exposto ao regime hidrográfico aberto da coluna de água adjacente, como é o caso das placas de recrutamento dispostas ao longo da coluna de água. Ou seja, as condições ambientais dessa comunidade pioneira são bem diferentes daquelas encontradas nos habitats rochosos naturais. Portanto, era de se esperar que a comunidade desenvolvida em tão pouco tempo de submersão (2-3 meses) fosse diferente e menos rica em espécies.

Um estudo sobre a variação sazonal do recrutamento da comunidade epilítica em placas de concreto no infralitoral dos costões das Ilhas dos Currais (Silva 2001) revelou as mesmas espécies que ocorrem no costão cuja assembléia foi a fonte primária de larvas para a colonização dos novos substratos, como parte do ciclo de auto-recrutamento. Entretanto, apesar da proximidade das ilhas Currais, a composição faunística das placas de colonização usadas nesse estudo foi muito distinta da comunidade natural analisada por Silva (*op.cit.*) tanto no costão quanto em suas placas de concreto, exceto três espécies comuns de briozoários, duas de ascídias e poucas espécies não identificadas.

Portanto, era esperado que a comunidade das placas experimentais representasse uma pequena parte do processo de colonização do infralitoral do litoral paranaense. A análise de Cluster mostrou a formação de quatro conjuntos “sazonais” de assembléias taxonômicas, três dos quais bem definidos no outono (grupo B), primavera (grupo D) e verão (grupo C). As assembléias formadas em cada período do ano diferiram bastante entre si (ANOSIM:  $R = 0.912$ ,  $p < 0.01$ ). De acordo com o dendograma, a comunidade epilítica da primavera e do verão foram mais semelhantes (Fig. 12), sendo que os hidrozoários foram os que mais contribuíram para a caracterização da comunidade em

ambos os períodos, como pode ser visto na análise SIMPER (Tabela 2). A semelhança da composição faunística entre a primavera e o verão era esperada, pois são estações do ano cujas características físicas e hidrográficas são parecidas quando comparadas a outros períodos.

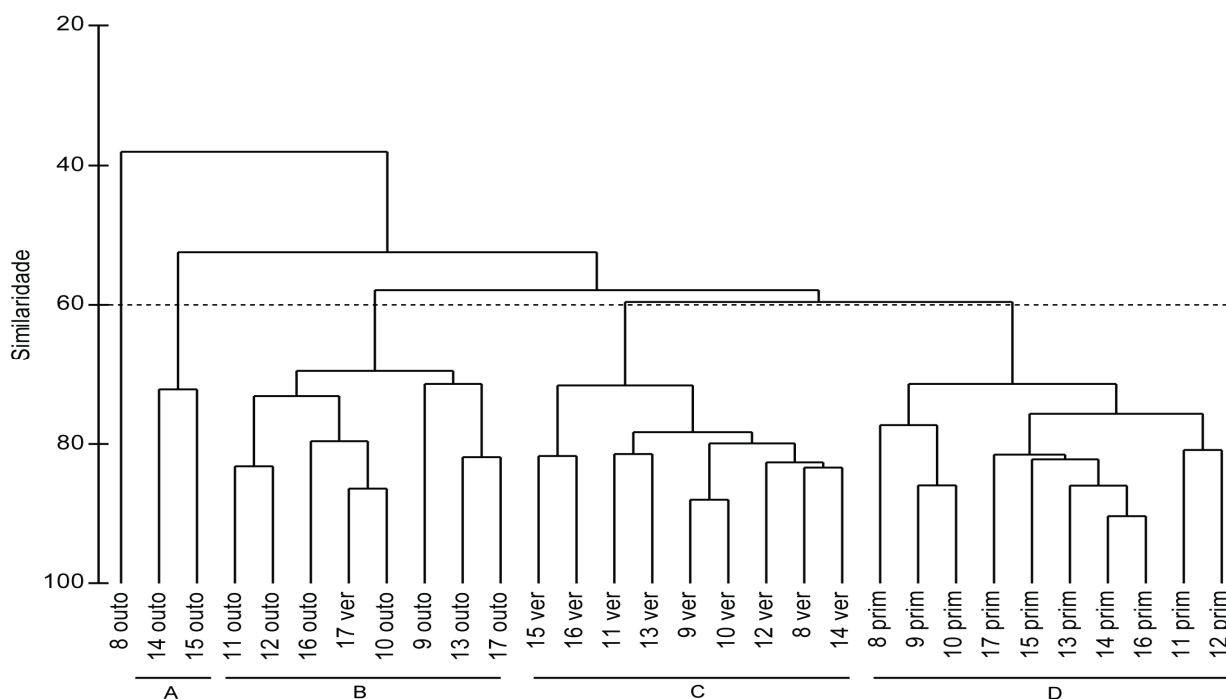


Fig. 12. Dendrograma dos grupos formados pela análise de cluster, baseada na composição e abundância dos táxons das 10 profundidades (8 a 17 m) em três períodos sazonais - primavera, verão e outono. Os valores foram transformados para raiz quarta e a matriz de similaridade foi construída utilizando-se o índice de Bray-Curtis. Dados obtidos de outubro de 2008 a julho de 2009, na plataforma rasa do Estado do Paraná.

A assembléia formada no outono foi a mais distinta (Fig. 12), caracterizada principalmente pela abundância de briozoários (Tabela 2). Entretanto, o teste de ANOSIM mostra que a diferença entre outono e primavera ( $R = 0.85$ ) e entre outono e verão ( $R = 0.878$ ) foi menor do que a diferença entre a primavera e verão ( $R = 0.929$ ), provavelmente devido ao menor número de placas de recrutamento analisadas durante o outono.

No outono, as placas submersas aos 14 e 15 m formaram um grupo separado dominado por briozoários, cuja taxa de colonização foi muito baixa quando comparada com a dos extratos

superiores da coluna de água. No verão, a comunidade formada a 17 m foi mais semelhante às placas colonizadas no outono do que às comunidades formadas nos demais níveis de profundidade no mesmo período. Isso porque no verão os briozoários colonizaram quase que exclusivamente os 17 m tornando-se, assim como no outono, o grupo taxonômico mais importante da colonização nos níveis inferiores da coluna de água.

Tabela 2. Similaridade média (SIMPER) e categorias mais relevantes (i.é., organismos que primeiro contribuem para 90% de abundância) para similaridade por grupo. Dados obtidos de outubro de 2008 a julho de 2009, na plataforma rasa do Estado do Paraná.

Grupo	Similaridade	Organismos	Ab. Média	Contrib%	Cum.%
A (14m e 15m outono)	73,15%	Cracas	3,81	36,4	36,4
		Hidrozoários	2,7	21,75	58,16
		Poliquetas	2,36	21,2	79,36
		Briozoários	2,68	20,64	100
B - Outono (menos 8, 14, e 15m, mais 17m verão)	73,66%	Briozoários	9,26	44,36	44,36
		Hidrozoários	6,92	28,58	72,94
		Cracas	3	12,03	84,97
		Poliquetas	2,36	10,1	95,07
C - Verão (menos 17m)	77,76%	Hidrozoários	9,4	39,21	39,21
		Cracas	6,59	25,19	64,4
		Bivalves	3,81	15,14	79,54
		Poliquetas	2,22	7,31	86,85
		Briozoários	2,28	6,87	93,72
D - Primavera	76,77%	Hidrozoários	9,08	25,81	25,81
		Bivalves	8,39	21,96	47,77
		Briozoários	6,82	19,29	67,06
		Anemonas	7,19	17,95	85,01
		Cracas	3,76	9,19	94,2

Os grupos foram formados através das análises multivariadas MDS e cluster.

Em regiões temperadas, fatores abióticos como radiação solar e temperatura variam muito ao longo do ano, e são as principais causas da sazonalidade em comunidades epilíticas (Coma et al. 2000). Apesar de o estudo ter sido desenvolvido em região costeira subtropical, com variações sazonais irregulares dos parâmetros abióticos sujeitos ao regime de precipitação e à drenagem local, à mistura turbulenta provocada

por ondas e ressuspensão constante de sedimentos (Queiroz et al. 2004), mudanças sazonais da riqueza e abundância da comunidade epilítica foram bem evidentes. Tais variações estão relacionadas à pluviosidade, cuja variação sazonal é bem definida na área de estudo. A precipitação média ao longo do experimento revelou uma estação chuvosa nos meses mais quentes de outubro a março. O restante do período foi caracterizado pela baixa pluviosidade com dois picos de chuva em julho e setembro de 2009 (Fig. 13).

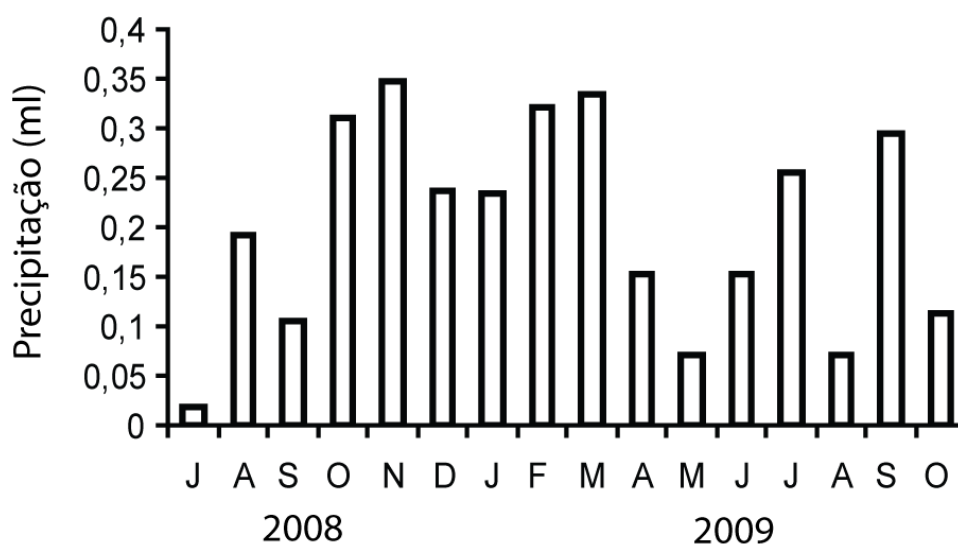


Fig. 13. Médias mensais de precipitação na região litorânea do Estado do Paraná.

A influência da pluviosidade nas comunidades epilíticas tem sido documentada por outros estudos, associada principalmente ao aumento da disponibilidade de alimento, favorecendo a reprodução e desenvolvimento dos organismos (Boero 1994, Di Camillo et al. 2008). O mesmo deve ocorrer na região estudada, já que a drenagem continental é considerada um dos principais processos de dispersão larval na região (Ugaz-Codina 2003), além de enriquecer a zona eufótica das áreas mais rasas e próximas da costa (Brandini et al. 2007). As chuvas aumentam no verão bem como o aporte de água fluvial nos estuários para o mar aberto como ilustrado no esquema da

Figura 14. De fato, a descarga de sedimentos pode alcançar até 15 milhas da costa (Noernberg 2001), incluindo a área experimental onde as placas foram submersas. Portanto a proximidade dos estuários de Paranaguá e Guaratuba, e a entrada de frentes meteorológicas afetam conjuntamente as condições ambientais da área.

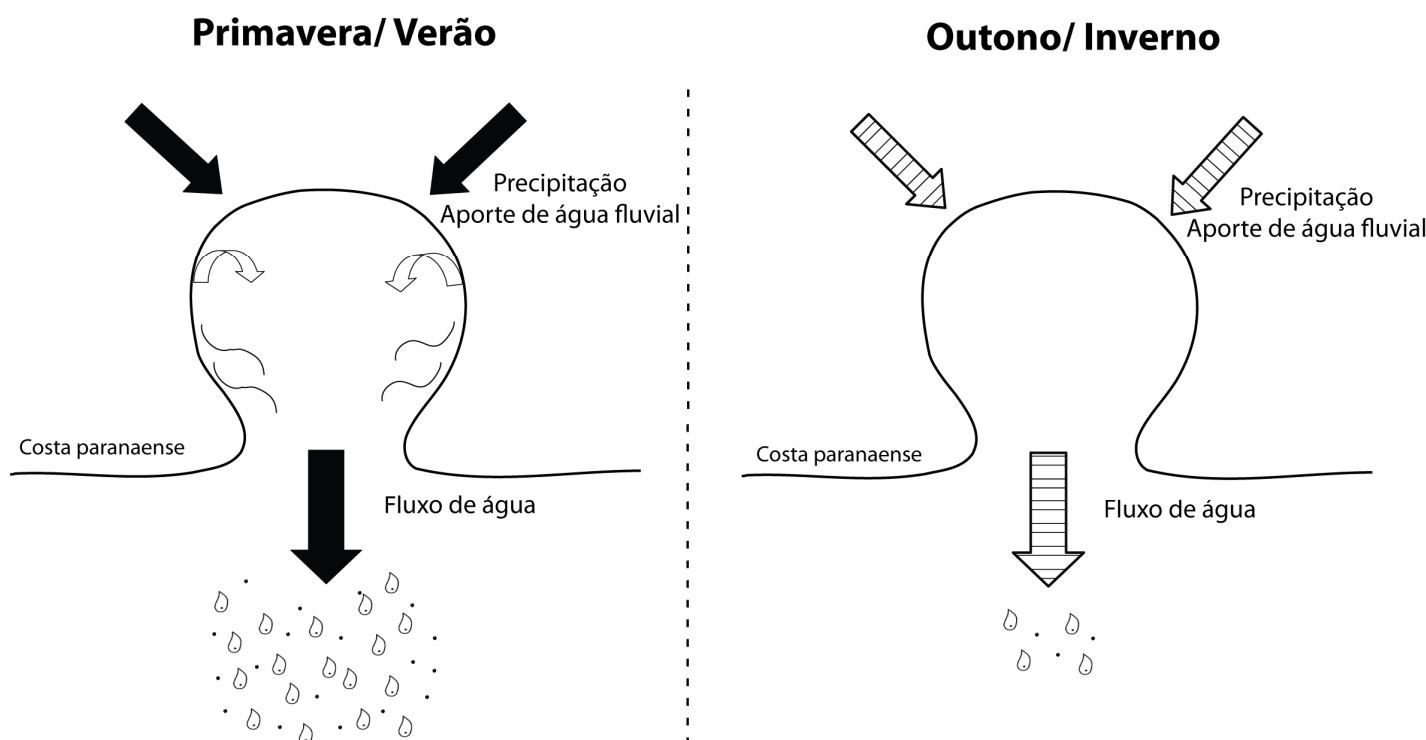


Fig. 14. Esquema do efeito da precipitação sobre a dispersão de larvas e nutrientes na costa do Paraná.

O efeito da drenagem continental na dispersão de larvas, principalmente nos períodos chuvosos, já foi observado no Paraná. Larvas do molusco Teredinidae, típico de regiões estuarinas, foram documentadas até 70 milhas da costa paranaense nos períodos de maior precipitação (Ugaz-Codina 2003). No inverno, o decréscimo de larvas pode estar associado conjuntamente à diminuição da drenagem continental e à diluição da densidade por intrusões laterais de águas de origem subantártica misturadas

com o aporte fluvial do Rio da Plata, mais frias e menos salgadas (Brandini 1990, Piola et al. 2000).

A riqueza alcançou seu máximo durante a primavera e o verão, meses mais chuvosos, decrescendo nas estações seguintes (Fig. 3). O teste de correlação de Spearman comprova a influência da precipitação nos organismos estudados, podendo modelar a comunidade de diferentes formas. O aumento de chuva na região esteve correlacionado à maior riqueza dos bivalves, hidrozoários e poliquetas, e ao aumento da abundância dos bivalves, cracas e hidrozoários (Tabela 3). Porém a abundância dos briozoários e poliquetas foi menor com o aumento da pluviosidade. Um fato que poderia explicar a menor colonização destes organismos é a diluição da água pela chuva, principalmente na porção superior da coluna d'água. As chuvas também trazem mais material particulado em suspensão que prejudicam a colonização (Krohling & Zalmon 2008). Silva (2001) encontrou menor riqueza e abundância de organismos epilíticos em blocos de concreto numa área mais próxima à costa, onde há maior influência da sedimentação inorgânica. Além disso, durante o outono e inverno, o aumento da circulação da água causado pelos ventos constantes (Marone et al. 1994) pode ter trazido larvas de outros locais. Uma possibilidade pode ser a Ilha dos Currais, já que algumas espécies de briozoários e ascídias encontradas em placas de recrutamento junto ao costão (Silva 2001) são as mesmas desse estudo. Portanto durante o período outono-inverno a alteração das condições hidrográficas permite o transporte de larvas de fontes dispersoras diferentes daquelas do período chuvoso.

Tabela 3. Correlação de Spearman entre a precipitação média e a abundância/riqueza dos principais grupos taxonômicos encontrados na plataforma rasa do Estado do Paraná.

Grupo taxonômico	Abundância	Riqueza
Bivalves	0,69*	0,71*
Briozoários	-0,67*	-0,12
Cracas	0,56*	0,45
Hidrozoários	0,58*	0,68*
Poliquetas	-0,58*	0,58*

\* indica  $p < 0.05$

Fatores bióticos agem concomitantemente aos abióticos para determinar as variações sazonais da abundância e riqueza dos organismos. Cada espécie tem seu ritmo circadiano com diferentes períodos de fertilidade, além de adaptações fisiológicas que respondem especificamente às condições ambientais. O recrutamento da maioria dos invertebrados epilíticos está, em geral, associado aos períodos mais quentes. O aumento da temperatura induz à liberação de gametas e produção larval, o que também pode ter contribuído para as maiores riqueza e colonização no verão. Entretanto, alguns organismos reproduzem regularmente ao longo do ano enquanto outros reproduzem mais nos períodos mais frios.

Os picos de abundância dos briozoários no outono e inverno estão associados ao ciclo reprodutivo. Estudos anteriores mostraram que a reprodução dos briozoários ocorre mais intensamente nesses períodos sazonais (Beaven 1947, McGraw 1980, Underwood & Anderson 1994). Num estudo comparando a variação faunística com o período de imersão do substrato (primavera, verão ou outono), o recrutamento de briozoários ocorreu tanto no outono quanto na primavera, mas não no verão (Brown & Swearingen 1998). De fato, a abundância média do grupo decresceu no verão. Diferenças no padrão sazonal de colonização vertical observado nos briozoários e também nos poliquetas podem estar associadas à competição. Todos os outros grupos taxonômicos colonizaram menos durante o outono e inverno, diminuindo a competição

por espaço neste período o que certamente favorece a fixação de briozoários e poliquetas.

A variação sazonal da abundância dos bivalves, cracas e hidrozoários é influenciada principalmente pela precipitação. O aumento da riqueza de briozoários e poliquetas nas estações chuvosas revela que o transporte de suas larvas também é influenciado pela drenagem continental. Períodos reprodutivos, aliados às mudanças na drenagem continental e circulação da água, também determinam a variação da abundância dos briozoários.

### **Padrões sazonais de variação vertical do recrutamento**

A zonação das comunidades ao longo de gradientes ambientais é o foco central em estudos ecológicos. As alterações naturais e cíclicas dos parâmetros ambientais são a principal causa da heterogeneidade espacial nas comunidades epilíticas (Bergen et al. 2001, Tenore et al. 2006). A abundância e a riqueza dos organismos estudados variaram de acordo com o gradiente de profundidade, ao longo do qual também ocorreram gradientes de luz, temperatura, salinidade, sedimentação e fluxo laminar da água diferenciado de acordo com a profundidade e densidade da coluna de água (Noernberg 2001), apesar de não terem sido medidos nesse estudo.

Entretanto, as condições hidrográficas da costa paranaense já foram intensamente estudadas e, apesar de anomalias em determinados anos, os padrões gerais se mantêm. Com base em dados pretéritos obtidos entre 1997 e 1999 (Brandini et al. 2007) foram reconstruídas as condições físicas médias na coluna de água da plataforma rasa do Paraná em cada período sazonal (Fig. 5), as quais presume-se que tenham afetado os padrões verticais de colonização e recrutamento para cada estação do ano analisada nesse estudo. Isso pode ser confirmado através dos padrões de variação



sazonal de recrutamento observados por Silva (2001) nas Ilhas Currais. Ascídias, poríferos, antozoários, *Ostrea* sp. e cirripédios recrutaram preferencialmente na primavera e verão, normalmente entre setembro e março, com baixo recrutamento nos meses mais frios entre maio e agosto. Anthozoa e Serpulidae não recrutaram no inverno. Os demais grupos recrutaram continuamente, mas com padrões sazonais irregulares, como no caso dos poliquetos, briozoários e hidrozoários.

No período primavera-verão ocorre estratificação térmica mais acentuada limitando o deslocamento de larvas na coluna de água. Na primavera, a termoclina é observada por volta dos 11 e 12 m de profundidade (Fig. 5), o que pode ter influenciado a taxa de colonização maior dos hidrozoários, briozoários e bivalves a partir dos 13 m, e das cracas, cuja colonização aumentou a partir dos 11 m (Fig. 6).

Presume-se que a seleção larval antes do assentamento e as interações biológicas após o assentamento tenham sido as que contribuíram para os padrões de colonização vertical observados. A maior taxa de colonização nos níveis inferiores da coluna de água é devido ao comportamento larval em relação à luz, gravidade e fluxo d'água. As larvas de muitos invertebrados permanecem próximas à superfície da água quando jovens. Posteriormente o comportamento das larvas é modificado. Originalmente fotopositivas e geonegativas, as larvas em estágio final tornam-se fotonegativas e geopositivas, e se deslocam para o fundo onde ocorre o assentamento (Thorson 1950).

No período outono-inverno a mistura vertical da água devido aos ventos fortes provoca a queda da temperatura na superfície, gerando condições físico-químicas homogêneas na coluna de água da plataforma rasa (Brandini 1990, Brandini et al. 2007). Neste processo as larvas também são constantemente misturadas na coluna d'água, resultando numa distribuição vertical mais homogênea. Neste período a colonização foi

representativa em toda a coluna d'água, formando padrões de distribuição vertical bem mais variados quando comparado aos padrões obtidos durante a primavera e o verão.

Durante as estações de outono e inverno também é esperada maior turbidez, principalmente junto ao fundo, indicando a presença constante e acentuada de material particulado em suspensão (Silva 2001, Queiroz et al. 2004, Brandini et al. 2007). Estudos da hidrografia da plataforma rasa na região sul e sudeste indicam uma forte dinâmica na ressuspensão de sedimentos durante o período de outono-inverno, registrando velocidade de correntes de fundo de até 50 cm/s (Noernberg 2001). Essa maior sedimentação exerce efeito negativo na colonização ou o desenvolvimento de muitas espécies que de outra forma estariam concentradas nos estratos mais profundos.

### **Hidrozoários**

Entre os organismos que colonizaram as placas artificiais instaladas nas adjacências da Ilha dos Currais, os hidróides foram os mais abundantes. Este resultado já era esperado, pois tratam-se de espécies pioneiras (Calder 1991, Migotto et al. 2001) e as mais favorecidas pela presença de novos substratos (Glasby et al. 2007). No litoral norte do Rio de Janeiro os hidróides estão entre os primeiros e mais abundantes organismos a colonizar novas estruturas (Krohling et al. 2006, Krohling & Zalmon 2008).

A interação dos fatores físicos com o comportamento larval também influencia a distribuição dos organismos. A preferência de hidrozoários por estratos mais profundos foi documentada em estudos anteriores (Rajagopal 1997, Di Camillo 2008). Geralmente o grupo evita locais bem iluminados, o que pode ser decorrência do comportamento fototrófico negativo de suas larvas (Rajagopal 1997). Portanto na primavera, quando a

incidência luminosa é maior, a maior colonização ocorreu nas maiores profundidades. Apesar de menos evidente, a mesma tendência é vista no verão.

*Obelia dichotoma* e *Obelia bidentata* estavam entre as espécies mais abundantes durante a primavera, verão e outono, não sendo encontradas durante o inverno. Esses campanularídeos já foram relatados entre os mais abundantes em estudos anteriores na região sul e sudeste do Brasil (Krohling & Zalmon 2008, Altvater 2009), ocorrendo principalmente nos meses mais quentes (Migotto et al. 2001), já que seu desenvolvimento e reprodução são mais acentuados neste período (Calder 1990). Apenas no outono a colonização de *O. dichotoma* e *O. bidentata* seguiu um padrão vertical bem definido, mas com distribuições opostas. A maior ocorrência de *O. dichotoma* em porções mais rasas da coluna d'água sugere que a espécie é mais sensível à sedimentação, mais acentuada nas maiores profundidades. Seguindo o mesmo padrão de *Garveia franciscana*, a abundância de *O. bidentata* foi maior nos dois metros mais próximos ao fundo, o que pode ser resposta do fototropismo negativo já relatado em hidróides (Rajagopal 1997, Di Camillo et al. 2008). Na primavera, a abundância de *G. franciscana* também foi maior no fundo, sendo a principal responsável pelo padrão de distribuição dos hidróides. Apesar de pouco abundantes, *Pennaria disticha*, *Turritopsis nutricula* e o Tubularidae sp. também foram encontrados apenas nos estratos mais profundos, contribuindo com o padrão dos hidrozoários de aumento da taxa de colonização com a profundidade. *Corydendrium parasiticum* colonizou apenas no verão e nas maiores profundidades. Foram encontrados resultados similares para uma espécie que compartilha o mesmo gênero, *Corydendrium corrugatum*, cuja abundância aumentou com a profundidade (até 30 m) e esteve fortemente correlacionada com os meses mais quentes e chuvosos (Di Camillo et al. 2008).

## Briozoários

Também estão entre os primeiros organismos a colonizar substratos limpos (Nandakumar 1996, Brown & Swearingen 1998). Os briozoários colonizam mais em locais sombreados, sendo a baixa luminosidade o estímulo mais importante para o assentamento (Mckinney & Mckinney 1993). Na primavera a preferência por locais mais sombreados é visto no aumento linear da colonização do grupo taxonômico com o aumento da profundidade. Durante a primavera e o verão *Biflustra denticulata*, a espécie dominante deste período, seguiu um padrão de distribuição com o aumento da abundância ao longo da profundidade. É uma espécie que recruta ao longo do ano, porém de forma irregular (Cangussu 2009). Sua colonização durante os meses mais quentes sugere que neste período a espécie encontrou substrato disponível para recrutar, já que a abundância das outras espécies de briozoários foi baixa nesse período. No verão, apesar da baixa porcentagem de cobertura, o restante das espécies de briozoários definiu o padrão de distribuição do grupo, colonizando apenas os estratos mais profundos, principalmente a 17 m.

No outono, quando a mistura da água é maior, a distribuição vertical dos briozoários foi irregular, como observado no caso de *Biflustra arborescens* e um *Electridae* não identificado. A sedimentação também é um fator importante na distribuição dos briozoários, pois são muito sensíveis à deposição de sedimentos (Maughan 2001). Estudos com substratos artificiais testando a influência da luz e da sedimentação em organismos epilíticos mostraram que os briozoários colonizaram apenas as placas não expostas à luz e sem a interferência de sedimentos (Glasby 2000, Maughan 2001). Apesar disso uma espécie *Membraniporidae* esteve presente nos estratos mais profundos durante o outono, seguindo um padrão contrário ao observado nas outras espécies. *Aetea anguina* recrutou nas placas submersas nos estratos mais

profundos, independente da estação do ano. O mesmo resultado já foi visto anteriormente (Maturo 1959) e era esperado, pois os zoóides dessa espécie são eretos e alongados mantendo o polípídeo acima da camada de sedimento, evitando a obstrução (Saiz-Salinas & Urdangarin 1994).

## **Cracas**

Os cirripédios não colonizaram as placas dos níveis superiores fisicamente mais turbulentos e com mais radiação solar, como ocorre em regiões entre-marés ou no infralitoral adjacente. A maioria dos estudos com cracas é realizada em costões rochosos em regiões entremarés, e mostram que as cracas tendem a ocupar níveis superiores do substrato rochoso (Rajagopal 1997, Nassar 1999). Porém estudos realizados no infralitoral documentaram a preferência de algumas espécies por locais escuros (Venugopalan 1987, Glasby 1999). Glasby (1999) estudou assembléias com três meses de desenvolvimento, nas quais *Balanus trigonus* foi mais abundante em placas sombreadas do que expostas à luz, e a população que se desenvolveu após 33 semanas foi mais abundante próxima ao fundo marinho. Nesse estudo, *B. trigonus* foi uma das espécies de cirripédios menos abundantes, distribuindo-se de forma irregular ao longo da profundidade. No entanto *Balanus improvisus* só colonizou as placas de primavera a partir dos 13 m de profundidade, e no verão sua densidade foi mais baixa nos estratos superiores.

Durante as três estações estudadas a densidade de cracas foi baixa nas camadas mais rasas da coluna d'água, mais sujeita à turbulência devido a ação dos ventos. Apesar das larvas explorarem mais o substrato em água movimentada do que em água parada (Walters et al. 1999), o assentamento é mais restrito sob maior fluxo de água (Walters et al. 1999, Lindegarth et al. 2002, Pernet et al. 2003, Kobak 2005). Entretanto

as cracas recrutam sob uma turbulência muito maior nos costões e, neste caso, a disponibilidade limitada de substrato e as interações biológicas definem sua zonação vertical (Connell 1961). A queda na taxa de colonização nos estratos mais profundos demonstra a sensibilidade dos cirripédios à sedimentação, uma vez que são suspensívoros e dependem da filtração de partículas para sobrevivência. Queiroz et al (2004) estudaram a camada nefelóide no mesmo ponto experimental desse trabalho e confirmaram a ressuspensão do sedimento de fundo nessa mesma região sobretudo em condições climáticas adversas.

Além dos fatores físicos, interações biológicas também influenciam a distribuição dos cirripédios. Organismos oportunistas, de crescimento rápido, exercem efeitos negativos no crescimento de *Balanus*, por ser um fraco competidor (Otsuka & Dauer, 1982). Em um estudo realizado na Califórnia foi documentado o efeito inibitório de *Obelia* no recrutamento larval de *Balanus* (Standing 1976), porém foi encontrada uma correlação positiva entre estes organismos no Rio de Janeiro (Krohling & Zalmon 2008).

## **Bivalves**

Entre todos os grupos taxonômicos analisados, os moluscos bivalves foram os que menos seguiram um padrão regular de distribuição vertical. Apesar do maior número de espécies, a taxa de colonização foi muito baixa, dificultando a determinação de padrões definidos de colonização em função da profundidade. A maior abundância de bivalves ocorreu na primavera, única estação do ano em que a taxa de colonização seguiu um padrão vertical regular, com o aumento da densidade em direção ao fundo. Estudos mostram que a reprodução de bivalves ocorre em eventos contínuos ao longo

do ano, com recrutamento associado à primavera e ao verão e períodos com pouca atividade reprodutiva no inverno (Garcia-Dominguez et al. 1993, Pezzuto 2001).

Em assembléias de substratos consolidados, as zonas mais rasas são normalmente dominadas por moluscos, cuja abundância decresce com a profundidade (Witman & Grange 1998, Walkers et al. 2007). Porém, na primavera a densidade de *Musculus viator* e *Crassostrea sp.* foi maior nos estratos mais profundos. O padrão de colonização de *Crassostrea sp.* em relação à profundidade deve estar associado à geotaxia, estudos de campo e laboratório sugerem que essa é a principal pista ambiental no seu estabelecimento (Baker 1997). Além disso, já é conhecida a resistência de alguns bivalves à ressuspensão de partículas. Em estudos com substratos verticais e horizontais, os bivalves foram os únicos mais abundantes nas superfícies horizontais, mais sujeitas à sedimentação (Walkers et al. 2007).

### **Poliquetas**

Os poliquetas são componentes dominantes nas comunidades epilíticas marinhas no infralitoral em latitudes tropicais e temperadas (Todd & Turner 1989, Turner & Todd 1994). No mar Mediterrâneo há uma clara zonação vertical nas assembléias de poliquetas, com o aumento da abundância de algumas espécies e a diminuição de outras ao longo do gradiente de profundidade (Ciagrande et al. 2003).

É esperado que os poliquetas recrutem em maior número em substratos próximos ao fundo, já que o comportamento de suas larvas indicam que algumas espécies tornam-se mais demersais durante seu desenvolvimento (Smith 1984, Scheltema 1986). Além disso, a maioria das espécies vive em fundos arenosos ou dependem das partículas em suspensão para construção de seus tubos. Já foi relatada a maior ocorrência de poliquetas em superfícies sombreadas e mais próximas ao fundo

(Glasby 1999). Apesar disso, neste estudo os poliquetas também foram encontrados nos estratos mais rasos. Durante a primavera e o verão *Nicolea sp.* foi a responsável por essa distribuição, com maiores densidades aos oito e nove metros de profundidade. São organismos de hábito sedentário que formam galerias e alimentam-se coletando partículas orgânicas depositadas sobre o fundo marinho (Holthe 1986). Uma espécie que ocorre no Paraná é *Nicolea venusnula* (Montagu 1818), ela constrói seus tubos com uma camada de areia selecionada e fragmentos calcáreos (Blankensteyn & Moreno 1999). Portanto devido a esta dependência da natureza das partículas em suspensão, tanto para alimentação quanto para construção do tubo, esperava-se uma maior densidade nessa região. Certamente outros fatores foram mais decisivos na distribuição de *Nicolea sp.*, como por exemplo a estratificação causada pela água quente e menos salina da camada superior, restringindo a migração vertical das larvas em direção ao fundo.

Na primavera e verão, a densidade de *Pomatoceros sp.* aumentou ao longo do gradiente vertical, conforme esperado. Porém no outono a densidade de *Pomatoceros sp.*, assim como a de *Hydroides sp.*, foi maior nas profundidades intermediárias mais próximas ao raso, sugerindo que a mistura vertical da água influenciou no padrão de colonização dos serpulídeos. Num estudo com placas de recrutamento, a colonização por *Hydroides sp.* foi maior nas placas próximas ao fundo (Glasby 1999), mas a análise de assembléias já estabelecidas mostra sua dominância nos estratos rasos, aos cinco metros de profundidade (Ciagrande et al. 2003).

### **Grupos não dominantes**

A colonização pelo restante dos grupos taxonômicos, representados pelas anêmonas, ascídias, entoproctas e moluscos gastrópodes, foi muito baixa, não



permitindo a definição de padrões regulares de distribuição vertical. Apenas na primavera as anêmonas foram mais representativas, com um pico de densidade bem definido aos 15 m. Apesar de a espécie não ser identificada, foi confirmada a associação com algas através da sua pigmentação. Fatores físicos como radiação e temperatura influenciam no estabelecimento das anêmonas. Por um lado, a simbiose com algas, que dependem da luz para a fotossíntese, é freqüente e favorece o desenvolvimento de anêmonas em porções mais rasas da coluna d'água. Por outro lado, radiação e temperaturas elevadas causam estresse oxidativo, inibindo a fotossíntese (Lesser 1996, Verde & McCloskey 2000).

Além da fauna epilítica, também houve colonização por algas mas, devido à baixa abundância, não influenciaram na colonização dos invertebrados. Normalmente ocorre uma forte competição interespecífica por espaço entre algas e invertebrados sésseis, com as algas ocupando preferencialmente os substratos mais próximos à superfície, e a fauna colonizando estratos inferiores da coluna d'água (Irving & Connell 2002, Balata et al. 2006). Entretanto, superfícies do plano vertical como as placas utilizadas nesse estudo, recebem menos radiação solar, prejudicando o estabelecimento das algas (Walker et al. 2007).

A relação multilinear entre os diversos fatores físicos e a sensibilidade única de cada espécie para responder a esses fatores, provocou a formação de padrões de distribuição específicos para cada organismo em cada período do ano. Entretanto a distribuição vertical de toda a comunidade foi irregular (Fig. 15). Apenas durante a primavera foi observada uma tendência de aumento da colonização total ao longo do gradiente de profundidade ( $p < 0.05$ ,  $R^2 = 0.16$ ). No verão a porcentagem de cobertura foi mais baixa nos estratos mais rasos da coluna d'água e durante o outono a distribuição dos organismos em geral foi a mais homogênea. Isso revela como o regime

hidrográfico na plataforma interna é dinâmico, sujeito à variações intensas em todas as escalas espaciais e temporais. A turbulência é maior em águas costeiras devido à circulação de marés e a ação dos ventos e ondas sobre a circulação local, dificultando a observação de um padrão bem definido de colonização em relação à profundidade.

Informações sobre a disponibilidade larval na coluna d'água (i.é, meroplâncton) durante o período do experimento certamente teriam ajudado a interpretar as diferenças sazonais nos padrões de colonização em relação ao gradiente de profundidade. De qualquer modo, este estudo ampliou um pouco mais o elenco de informações sobre a colonização da fauna epilítica em novos substratos no infralitoral paranaense obtidos até agora.

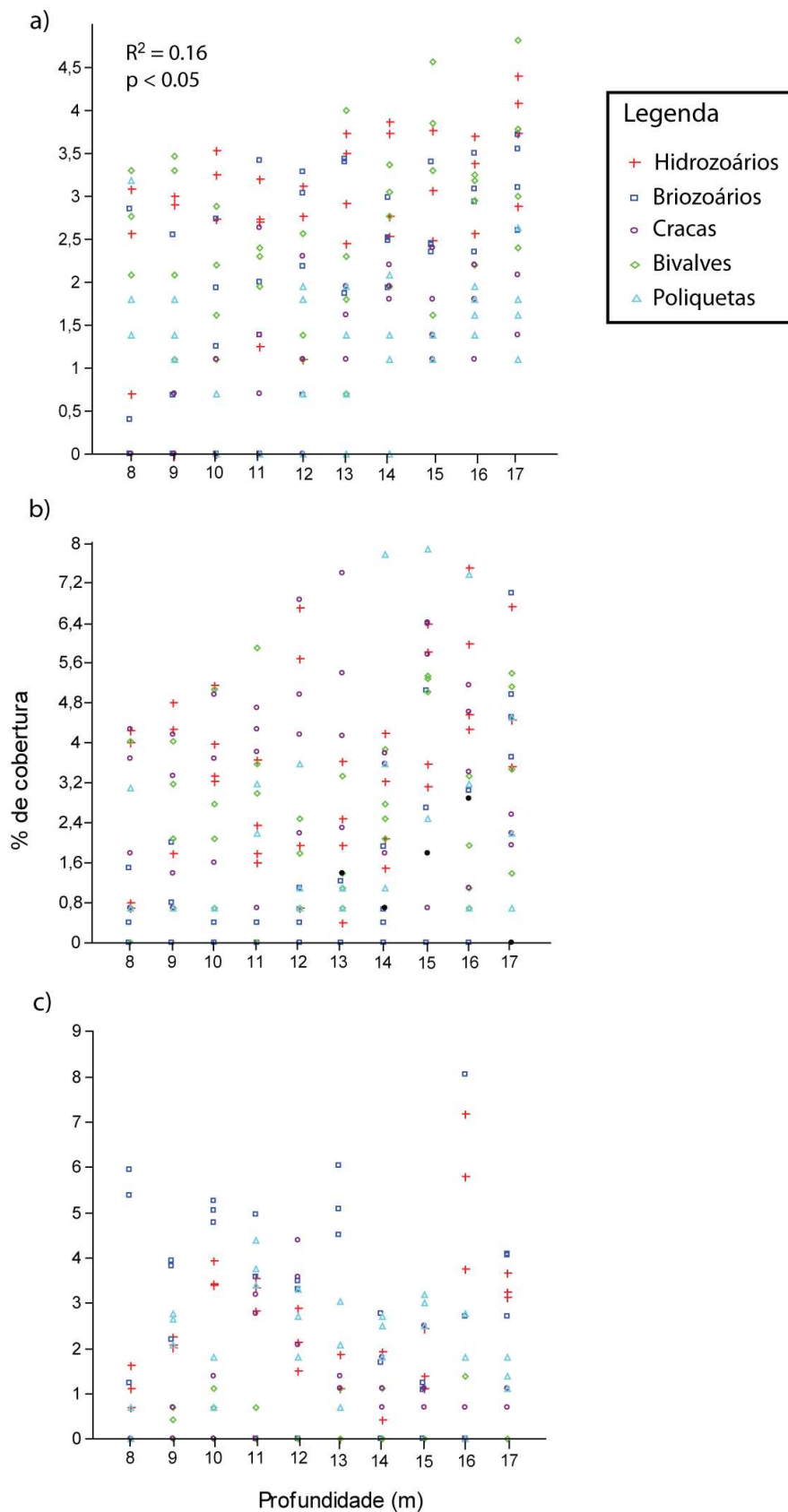


Fig. 15. Porcentagem de cobertura dos principais grupos taxonômicos ao longo do gradiente de profundidade em três períodos sazonais: a) primavera de 2008, b) verão de 2009 e c) outono de 2009.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Absalão RS (1993) Colonização primária e sequência de substituições em substrato artificial, na comunidade epibêntica da Baía de Guanabara, RJ, Brasil. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP
- Altvater L (2009) Composição e sazonalidade de cnidários em substrato artificial, na foz do rio Itiberê, Baía de Paranaguá, Paraná. Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR
- Baker P (1997) Settlement site selection by oyster larvae, *Crassostrea virginica*: evidence for geotaxis. J Shellfish Res 16:125–128
- Balata D, Acunto S, Cinelli F (2006) Spatio-temporal variability and vertical distribution of a low rocky subtidal assemblage in the north-west Mediterranean. Est Coast Shelf Sci 67:553–561
- Bavestrello G, Puce S, Cerrano C, Zocchi E, Boero N (2006) The problem of seasonality of benthic hydroids in temperate waters. Chem Ecol 22:197–205
- Beaven GF (1947) Observation on fouling of shells in the Chesapeake area. Proc Natl Shellfish Assoc 1947:11–15
- Bigarella JJ, Klein RM, Lange RB, Silva JL, Larach JOI, Rauen MJ (1978) A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Secretaria do Planejamento, Governo do Estado do Paraná, Curitiba, PR
- Blankensteyn A, Moreno TR (1999) Nova ocorrência de *Nicolea venustula* (Montagu) (Polychaeta, Terebellidae) na costa sul do Brasil. Revta Bras Zool 16:19–322
- Boaventura D, Re P, Fonseca FC, Hawkins SJ (2002) Intertidal rocky shore communities of the continental portuguese coast: analysis of distribution patterns. Mar Ecol 23:69–90
- Boero F (1994) Fluctuations and variations in coastal marine environments. PSZN I: Mar Ecol 15:3–25
- Brandini FP (1990) Hydrography and characteristics of the phytoplankton in shelf and oceanic Waters of Southern Brazil during winter (July/August 1982) and summer (February/March 1984). Hydrobiologia 196:111–148
- Brandini FP, Silva AS (2000) Recifes artificiais vs biodiversidade marinha: o exemplo do Estado do Paraná. V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. Vitória, ES
- Brandini FP, Silva AS, Silva ET, Kolm H (2007) Sources of nutrients and seasonal dynamics of chlorophyll in the inner shelf off Parana State—South Brazil Bight. J Coast Res 23:200–226

- Brown KM, Swearingen DC (1998) Effects of seasonality, length of immersion, locality and predation on an intertidal fouling assemblage in the Northern Gulf of Mexico. *J Exp Mar Biol Ecol* 225:107–121
- Calder DR (1990) Seasonal cycles of activity and inactivity to some hydroids from Virginia and South Carolina, U.S.A. *Can J Zool* 68:442–450
- Calder DR (1991) Associations between hydroid species assemblages and substrate types in the mangal at Twin Cays, Belize. *Can J Zool* 69:2067–2074
- Cangussu LC (2008) Espécies incrustantes introduzidas na Baía de Paranaguá: capacidade de estabelecimento em comunidades naturais. Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR
- Castilla JC, Cerda M (2004) Marine ecosystem engineering by the alien ascidian *Pyura praeputialis* on a mid-intertidal rocky. *Mar Ecol Prog Ser* 268:119–130
- Castro-Filho BM, Miranda LB, Miyao SY (1987) Condições hidrográficas na plataforma ao largo de Ubatuba: variações sazonais e em escala média. *Bolm Inst Oceanogr* 35:135–151
- Castro-Filho BM, Miranda LB (1998) Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4° N and 34° S. In: Robinson AR, Brink KH (eds) *The Sea* 8:209–251
- Chaplygina CF (2006) Vertical distribution of hydroids in wharf fouling in the northwestern sea of Japan. *Russ J Mar Biol* 32:75–81
- Ciagrande A, Delos AL, Frascchetti S, Musco L, Licciano M, Terlizzi A (2003) Polychaete assemblages along a rocky shore on the South Adriatic coast (Mediterranean Sea): patterns of spatial distribution. *Mar Biol* 143:1109–1116
- Cole VJ, Glasby TM, Holloway MG (2005) Extending the generality of ecological models to artificial floating habitats. *Mar Environ Res* 60:195–210
- Coma R, Ribes M, Gili JM, Zabala M (2000) Seasonality in coastal benthic ecosystems. *Trends Ecol Evol* 15:448–453
- Conceição TF, Pires DO, Segal B, Lins-de-Barros MM (2006) Inclinação de assentamento de larvas e adultos do coral recifal. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro* 64:299–308
- Connell SD, Glasby TM (1999) Do urban structures influence local abundance and diversity of subtidal epibiota? A case study from Sydney Harbour, Australia. *Mar Environ Res* 47:373–387
- Connell J H (1961) The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. *Ecology* 42:710–23

- Di Camillo C, Bavestrello G, Valisano L, Puce S (2008) Spatial and temporal distribution in a tropical hydroid assemblage. *J Mar Biol Ass UK*:1–11
- Garcia-Dominguez F, Garcia-Melgar G, Gonzales-Ramirez P (1993) Ciclo reproductivo de la almeja roñosa, *Chione californiensis* (Broderip, 1835) en Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. *Cienc Mar* 19:15–28
- Gili JM, Hughes RG (1995) The ecology of marine benthic hydroids. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 33:351–426
- Glasby TM (1999) Interactive effects of shading and proximity to the seafloor on the development of subtidal epibiotic assemblages. *Mar Ecol Prog Ser* 190:113–125
- Glasby TM (2000) Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota. *J Exp Mar Biol Ecol* 248:177–190
- Glasby TM, Connel SD, Holloway MG, Hewitt CL (2007) Nonindigenous biota on artificial structures: could habitat creation facilitate biological invasions? *Mar Biol* 151:887–895
- Haddad MA (1992) Hidróides (Cnidaria, Hydrozoa) de costões rochosos do litoral Sul do Estado do Paraná. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP
- Hay ME (1996) Marine chemical ecology: what's known and what's next? *J Exp Mar Biol Ecol* 200:103–134
- Holthe T (1986) Evolution, systematics and distribution of the Polychaeta Terebellomorpha, with a catalogue of the taxa and a bibliography. *Gunneria* 55:1–236
- Hunt HL, Scheibling RE (1997) Role of early post-settlement mortality in recruitment of benthic marine invertebrates. *Mar Ecol Progr Ser* 155:269–301
- Irving AD, Connell SD (2002) Sedimentation and light penetration interact to maintain heterogeneity of subtidal habitats: algal versus invertebrate dominated assemblages. *Mar Ecol Progr Ser* 245:83–91
- Kobak J (2005) Recruitment and distribution of *Dreissena polymorpha* (Bivalva) on substrates of different shape and orientation. *Int Rev Hydrobiol* 90:159–17
- Krohling W, Brotto DS, Zalmon IR (2006a) Functional role of fouling community on an artificial reef at the northern coast of Rio de Janeiro state, Brazil. *Braz J Oceanogr* 54:183–191
- Krohling W, Brotto DS, Zalmon IR (2006b) Fouling community recruitment on an artificial reef in the North Coast of Rio de Janeiro State. *J Coast Res* 39:118–1121
- Krohling W, Zalmon IR (2008) Epibenthic colonization on an artificial reef in a stressed environment off the north coast of the Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51:213–221

Lesser MP (1996) Elevated temperatures and ultraviolet radiation cause oxidative stress and inhibit photosynthesis in symbiotic dinoflagellates. *Limnol Oceanogr* 41:271–283

Lindegarh M, Jonsson PR, Andre C (2002) Physical and numerical modeling of the role of hydrodynamic processes on adult-larval interactions of a suspension-feeding bivalve. *J Mar Res* 60: 499–516

Marone E, Camargo R, Prata VPJ, Klingenfuss M (1994) Relatório de campanha de medições físicas: Ilha dos Currais 10-17 janeiro/1994. In: Proposta para categoria e o plano de manejo das ilhas oceânicas do litoral do Paraná. Centro de Estudos do Mar, UFPR, 125 p.

Maturo FJS (1959) Seasonal distribution and settling rates of estuarine bryozoa. *Ecology* 40:116–127

Maughan B (2001) The effects of sedimentation and light on recruitment and development of a temperate, subtidal, epifaunal community. *J Exp Mar Biol Ecol* 256:59–71

McKinney FK, McKinney MJ (1993) Larval behaviour and choice of settlement site: correlation with environmental distribution pattern in an erect bryozoan. *Facies* 29:119–131

Migotto AE, Marques AC, Flynn MN (2001) Seasonal recruitment of hydroids (cnidaria) on experimental panels in the São Sebastião Channel, Southeastern Brazil. *Bull Mar Sci* 68:287–298

Mundy C, Babcock R (2000) Are vertical distribution patterns of scleractinian corals maintained by pre- or post-settlement processes? A case study of three contrasting species. *Mar Ecol Prog Ser* 198:109–119

Nandakumar K (1996) Importance of timing of panel exposure on the competitive outcome and succession of sessile organisms. *Mar Ecol Prog Ser* 131:191–203

Nassar CAG, Silva SHG (1999) Comunidade incrustante em quatro profundidades na Ilha da Guafba – Rio de Janeiro, Brasil. In: Silva SHG, Lavrado HP (eds) *Ecologia dos Ambientes Costeiros do Estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis*, volume IV. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro

Noernberg MA (2001) Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil: um estudo a partir de dados *in situ* e Landsat-TM. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Osman RW, Whitlatch RB (2004) The control of the development of a marine benthic community by predation on recruits. *J Expl Mar Biol Ecol* 311:117–145

Otsuka CM, Dauer DM (1982) Fouling Community Dynamics in Lynnhaven Bay, Virginia. *Estuaries* 5:10–22

- Pernet F, Tremblay R, Bourget E (2003) Settlement success, spatial pattern and behavior of mussel larvae *Mytilus* spp. In experimental 'down-welling' systems of varying velocity and turbulence. *Mar Ecol Prog Ser* 260:125–140
- Pezzuto PR (2001) Avaliação do estoque e dinâmica populacional da vieira *Euvola ziczac* (Linnaeus, 1758) (Bivalvia:Pectinidae) no Sul do Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR
- Piazzi L, Balata D, Pertusati M, Cinelli F (2004) Mediterranean coralligenous phytobenthic assemblages: temporal dynamics and influence of substrate inclination. *Bot Mar* 47:10–115
- Piola AR, Campos EJD, Moller OO Jr, Charo M, Martinez C (2000) The subtropical shelf front off eastern South America. *J Geophys Res* 105:6565–6578
- Queiroz RL, Brandini FP, Pellizzari FM (2004) Dynamics of microalgal communities in the water-column/sediment interface of the inner shelf off Parana State, Southern Brazil. *Braz J Oceanogr* 52:183–194
- Rajagopal S, Nair K, Van Der Velde G, Jenner H (1997) Seasonal settlement and succession of fouling communities in Kalpakkam, east coast of India. *Neth J Aquat Ecol* 30:309–325
- Rocha RM (1991) Distribuição de Ascidiacea na região intermareal de São Sebastião, SP. In: Resumos do II Simpósio sobre Oceanografia, IO – Universidade de São Paulo, São Paulo, SP
- Rodriguez SR, Ojeda FP, Inestrosa NC (1993) Settlement of benthic marine invertebrates. *Mar Ecol Prog Ser* 97:193–207
- Saiz-Salinas JI, Urdangarin I (1994) Response of sublittoral hard substrate invertebrates to estuarine sedimentation in the outer harbour of Bilbao (N. Spain). *Mar Ecol* 15:105–131
- Saunders RJ, Connell SD (2001) Interactive effects of shade on surface orientation on the recruitment of spirorbid polychaetes. *Austral Ecol* 26:109–115
- Scheltema RS (1986) On dispersal and planktonic larvae of benthic invertebrates: an eclectic overview and Summary of problems. *Bull Mar Sci* 39:290–322
- Segal B, Castro CB (2000) Slope preferences of reef corals (Cnidaria, Scleractinia) in the Abrolhos Archipelago, Brazil. *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Zoologia* 418:1–10
- Silva ET, Silva AS, Brandini FP, Brusamolín FP (1997) Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Uma proposta de conservação da biodiversidade e desenvolvimento da pesca artesanal na costa do Estado do Paraná. In: Anais da Semana Nacional de Oceanografia, UNIVALI/ FACIMAR, Itajaí, SC



Silva AS (2001) Estrutura e dinâmica de comunidades epilíticas de habitats artificiais e suas relações com os fatores ambientais na plataforma rasa do Estado do Paraná. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Standing JD (1976) Fouling community structure: Effects of the hydroid *Obelia dichotoma* on larval recruitment. In: Mackie GO (ed) Settlement and Metamorphosis of Marine Invertebrate Larvae. Plenum Press, New York

Svane I, Petersen JK (2001) On the problems of epibioses, fouling and artificial reefs, a review. Mar Ecol 22:169–188

Tenore KR, Zajac RN, Terwin J, Andrade F, Blanton J, Boynton W, Carey D, Diaz R, Holland AF, Lopez-Jamar E, Montagna P, Nichols F, Rosenberg R, Queiroga H, Sprung M, Whitlatch RB (2006) Characterizing the role benthos plays in large coastal seas and estuaries: a modular approach. J Exp Mar Biol Ecol 330:392–402

Todd CD, Turner SJ (1989) Ecology of intertidal and sublittoral cryptic epifaunal assemblages. I. Experimental rationale and the analysis of larval settlement. J Exp Mar Biol Ecol 99:199–231

Turner SJ, Todd CD (1994) Competition for space in encrusting bryozoans assemblage: the influence of encounter angle, site and year. J mar biol Ass UK 74:603–622

Ugaz-Codina J (2003) Distribuição espaço-temporal das larvas de moluscos na plataforma continental interna (<50m) do Estado do Paraná. Tese de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Underwood AJ, Anderson MJ (1994) Seasonal and temporal aspects of recruitment and succession in an intertidal estuarine fouling assemblage. J Mar Biol Assoc UK 74:563–584

Venugopalan VP (1987) Studies on biofouling in the offshore waters of Arabian Sea. Tese de doutorado, Universidade de Bombai, India

Verde EA, McCloskey LR (2001) A comparative analysis of the photobiology of Zooxanthellae and Zooclhorellae symbiotic with the temperate clonal anemone *Anthopleura elegantissima* (Brandt). Mar Biol 138:477–489

Walker SJ, Schlacher TA, Schlacher-Hoenlinger MA (2007) Spatial heterogeneity of epibenthos on artificial reefs: fouling communities in the early stages of colonization on an East Australian shipwreck. Mar Ecol 28:435–445

Walters LJ, Wetthey DS (1986) Settlement, refuges, and adult body form in colonial marine invertebrates: a field experiment. Biol Bull 180:112–118

Walters LJ, Miron G, Bourget E (1999) Endoscopic observations of invertebrate larval substratum exploration and settlement. Mar Ecol Prog Ser 182:95–108

Watson DI, Barnes DK (2004) Temporal and spatial components of variability in benthic recruitment, a 5-year temperate example. Mar Biol 145:201–214

Witman JD, Grange KR (1998) Links between rain, salinity and predation in a rocky subtidal community. *Ecology* 79:2429–2447

Witman JD, Dayton PK (2001) Rocky Subtidal Communities. In: Bertness MC, Gaines SD, Hay ME (eds) *Marine Community Ecology*, Massachusetts

Zalmon IR, Gama BAP, Leta A (1993) Fouling community organization at Guanabara Bay, Brazil: A directional process or a variable temporal progression? *Oecologia* 19:217–222